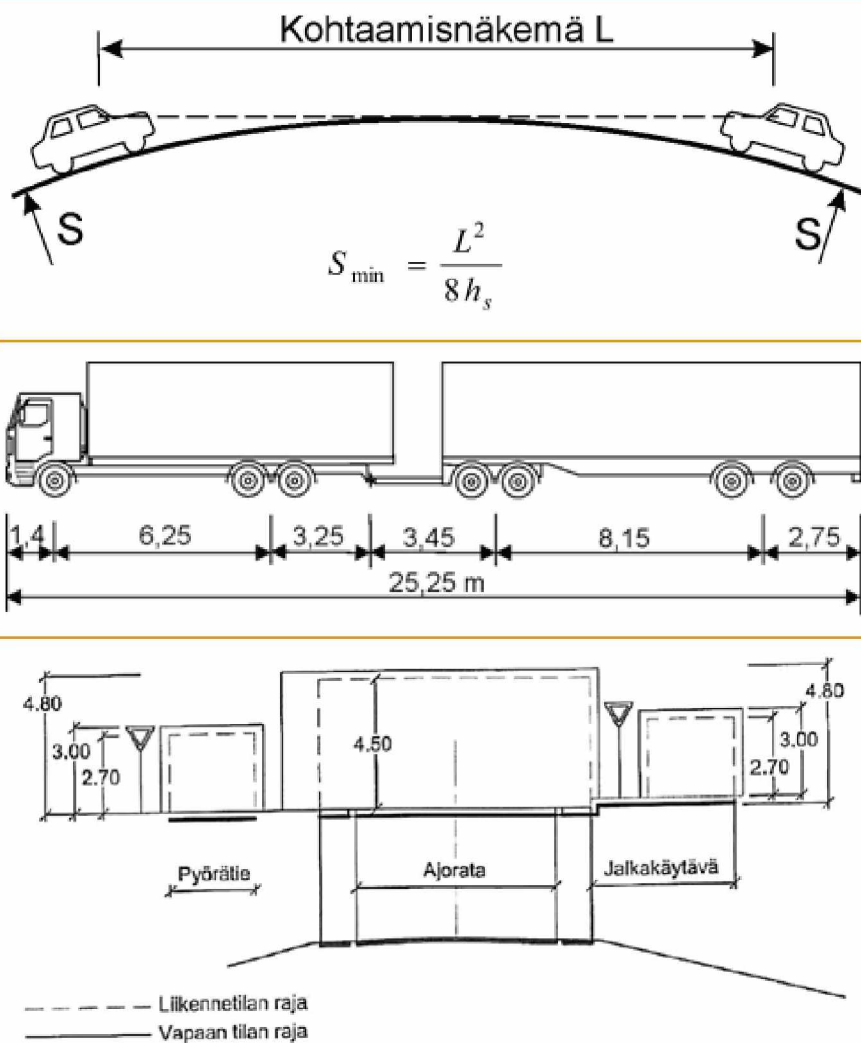


JUKKA RISTIKARTANO  
RALF GRANLUND  
JUKKA RÄSÄNEN  
LOTTA-MAIJA SALMELIN

## Tiensuunnittelun liikennetekniset mitoituspäruusteet







Jukka Ristikartano, Ralf Granlund,  
Jukka Räsänen, Lotta-Maija Salmelin

# Tiensuunnittelun liikennetekniset mitoituspästeet

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 50/2012

Liikennevirasto  
Helsinki 2012

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-226-6

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 020 637 373

**Jukka Ristikartano, Ralf Granlund, Jukka Räsänen, Lotta-Maija Salmelin: Tiensuunnittelun liikennetekniset mitoitusperusteet.** Liikennevirasto, hankesuunnitteluosasto. Helsinki 2012. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 50/2012. 96 sivua ja 2 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-226-6.

**Avainsanat:** mitoitus, tiensuunnittelu, liikennetekniikka, ajoneuvot

## Tiivistelmä

Liikenneväylien geometrinen suunnittelu ja mitoitus perustuvat liikenneympäristön, ajoneuvojen sekä kuljettajien ja matkustajien ominaisuuksiin. Suunnittelu- ja mitoitusperusteet ja niiden perusarvot määräytyvät lisäksi tien merkityksen, tietyytin, tielle suunnitellun nopeustason, liikennemäärän sekä liikenteen luonteen ja koostumuksen perusteella.

Liikenneteknisen suunnittelun lähtökohtina ovat mitoittava liikenne, mitoittavat liikenneyksiköt, suunnittelu- ja mitoitusnopeus sekä liikenneväylän laatuluokka. Mitoitusliikennettä on tässä työssä käsitelty vain alustavasti, mutta jatkossa olisi oleellista tarkentaa mitoitusliikenteen valintaa koskevia ohjeita ja suosituksia. Mitoituksen pohjana suositellaan käytettäväksi kahta nopeuskäsitettä, jotka ovat suunnittelu- ja mitoitusnopeus. Suunnittelunopeuden ja mm. mitoitusnopeuden huomioon ottavan laatuluokituksen perusteella määritetään tarkemmissa suunnitteluohjeissa eri suunnitteluelementtien ohje-, vähimmäis- ja enimmäisarvot sekä riittävät näkemäpituudet.

Suunnittelu- ja mitoitusperusteiden perusarvojen laatuluokiksi suositellaan hyvää ja tyydyttävää. Hyvän laatuluokan perusarvojen mukaisesti suunnitelluissa tien kohdissa valtaosa tienkäyttäjistä (noin 85 %) pystyy ajamaan turvallisesti, joustavasti ja mukavasti. Tyydyttävässä laatuluokassa käytetään mitoitusperusteiden vähimmäisarvoja tai enimmäisarvoja, jolloin kuljettaja joutuu keskittymään enemmän ajamiseen.

Mitoitusajoneuvoja tarvitaan mm. tien suuntauksen, poikkileikkauksen, liittymien ja näkemäalueiden mitoitusperusteena. Voimassa olevan lainsäädännön mukaisten tavanomaisten ajoneuvojen ja niiden mitoituksen lisäksi työssä on tarkasteltu erikoiskuljetusajoneuvoja sekä erilaisia kevyen liikenteen mitoittavia liikenneyksiköitä.

Ajodynamiikkaan liittyvät perusarvot määräytyvät ajoneuvojen suorituskyvyn, renkaiden ja tienpinnan kitkaominaisuuksien, kuljettajien ajokäyttäytymisen sekä ajoneuvon kuljettajien ja matkustajien suoritus- ja sietokyvyn perusteella. Perusarvoja (mm. reaktioaika, kitka, kiihtyvyys, hidastuvuus, nousuviiste ja rotaatio) käytetään mm. pysähtymis- ja ohitusmatkoja, vaaka- ja pystygeometrian minimisäteitä sekä siirtymäkaarien pituuksia määritettäessä. Osalle perusarvoista suositellaan käytettäväksi kahta laatuluokkaa. Kiihtyvyydelle suositellaan käytettäväksi uusia simulointituloksia vastaavia perusarvoja. Nousuviisteen ja rotaation määrittämisen menettelyjä suositellaan yksinkertaistettavaksi.

Näkemien määrittämiseen liittyvillä perusarvoilla tarkoitetaan mittoja (silmäpiste-, este- ja ajovalokorkeus sekä näkemäkulma), jotka kuvaavat tienkäyttäjien, ajoneuvojen ja mahdollisten tiellä olevien esteiden ominaisuuksia. Näiden perusarvojen avulla voidaan määrittää näkemien edellyttämät minimiarvot tien geometrialle tielinjalla ja liittymissä.

Väylän liikennetekninen poikkileikkaus jaetaan liikennetilaan ja sitä ympäröivään vapaaseen tilaan. Poikkileikkauksen sivusuuntainen liikennetila (päälysteleveys) koostuu mitoittavien liikenneyksiköiden vaatimasta tilasta sekä ajoneuvojen ja jalankulkijoiden ajo- tai liikkumistavasta riippuvista liikkumisvaroista sekä sivuetaisyysyksistä. Vapaa tila on väylän poikkileikkausalue, jonka sisäpuolella ei saa olla kiinteitä eikä myötääviä esteitä. Mitoitusajoneuvojen ajotapoihin esitetään tarkennuksia. Liikkumisvaroihin ja liittymäsuunnittelussa käytettäviin ajouriin ei esitetä muutoksia.

**Jukka Ristikartano, Ralf Granlund, Jukka Räsänen, Lotta-Maija Salmelin: Trafiktekniska dimensioneringsgrunder i vägplaneringen. Trafikverket, Projekteringsavdelningen. Helsingfors 2012. Trafikverkets forskning och utredning 50/2012. 96 sidor och 2 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-226-6.**

## Sammanfattning

Trafikledernas geometriska planering och dimensionering baserar sig på egenskaperna hos trafikmiljö och fordon samt fordonsförare och resenärer. Planerings- och dimensioneringsgrunderna samt deras basvärden bestäms dessutom på basis av vägens betydelse i vägnätet, vägtyp, planerad hastighetsnivå, trafikmängd samt trafikens karaktär och sammansättning.

Dimensionerande trafik, dimensionerande trafikenheter, planerings- och dimensioneringshastighet samt trafikledens kvalitetsklass utgör grunden trafikteknisk planering. Dimensionerande trafik har i detta arbete behandlats endast preliminärt, men i fortsättningen vore det väsentligt att precisera anvisningar och rekommendationer angående val av dimensionerande trafik. Som grund för dimensioneringen rekommenderas två hastighetsbegrepp: Planeringshastighet och dimensioneringshastighet. På basis av kvalitetsklassificeringen, som beror på planeringshastigheten och bl.a. dimensioneringshastigheten, bestäms i planeringsanvisningarna riktgivande, minimi- och maximivärden för olika planeringselement samt tillräckliga frisiktslängder.

Som kvalitetsklasser för planerings- och dimensioneringshastigheterna föreslås god och nöjaktig. Merparten av väganvändarna (ca 85 %) förmår köra säkert, smidigt och komfortabelt på vägavsnitt, som planerats på basis av grundvärden enligt god kvalitetsklass. I nöjaktig klass används dimensioneringsgrundernas minimi- eller maximivärden, varvid fordonsföraren behöver koncentrera sig på körandet.

Dimensionerande fordon behövs bl.a. som dimensioneringsgrund för vägens linjeföring, tvärsektion, anslutningar och frisiktsområden. Förutom vanliga fordon i enlighet med ikraft varande lagstiftning har även studerats fordon för specialtransporter samt olika dimensionerande trafikenheter för lätt trafik.

De kördynamiska grundvärdena baserar sig på fordonens prestanda, däckens och vägytans friktionsegenskaper, fordonsförarens körbeteende samt fordonsförarnas och passagerarnas prestations- och toleransförmåga. Grundvärdena (bl.a. reaktionstid, friktion, acceleration, retardation, rotation och maximalt tillåten förändring av sidolutning i längdriktningen) används bl.a. för bestämmande av stopp- och omkörningssträckor, minimiradier i plan och profil samt övergångsbågarnas längd. För en del av grundvärdena rekommenderas två kvalitetsklasser. För acceleration rekommenderas användning av nya grundvärden baserade på simuleringsresultat. Metoden för bestämmande av rotation och maximalt tillåten förändring av sidolutning i längdriktningen föreslås förenklas.

Grundvärdena för frisikt avser mått (ögon-, hinder- och körljushöjd samt siktvinkel) och beskriver egenskaperna hos väganvändarna, fordonen och eventuella hinder på vägen. På basis av dessa grundvärden kan frisiktsrelaterade geometriska minimivärden längs väglinje och i anslutningar bestämmas.

Vägens trafiktekniska tvärsektion indelas i trafikutrymme och omgivande fria områden. Tvärsektionens trafikutrymme i sidosled (asfaltbredd) består av dimensionerande trafikenheters utrymmesbehov samt fordonens och fotgängarnas behov av hinderfri bredd vid olika kör- eller rörelsesätt samt sidoavstånd. Det fria rummet är den del av trafikledens tvärsektion, som inte får innehålla fasta eller eftergivliga hinder. Dimensionerande fordons körsätt föreslås preciseras. Sidoavståndsmått och körspårsmallar för planering av anslutningar föreslås bli oförändrade.

**Jukka Ristikartano, Ralf Granlund, Jukka Räsänen, Lotta-Maija Salmelin: Technical dimensioning criteria in road design.** Finnish Transport Agency, Project Planning Department. Helsinki 2012. Research reports of the Finnish Transport Agency 50/2012. 96 pages and 2 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-226-6.

## Summary

The geometric design and layout of traffic routes are based on the characteristics of the surrounding traffic environment, vehicles, and behaviour of drivers and passengers. The design and layout criteria and their basic values are also determined on the basis of the importance of the road, its type, speed limit, volume of traffic and nature of that traffic.

The starting points for technical design are traffic volume, traffic units, design speed and the classification of the road. In this study, traffic volume has been dealt with only cursorily, but in the future it would be essential to specify the guidelines and recommendations concerning the selection of traffic volume design. It is recommended that two concepts of speed are used as a basis for layout: design and volume speed. On the basis of the selected road classification for example design speed and volume speed, the base-, minimum and maximum values of different design elements and adequate visibility distances are defined in more specific design guidelines.

It is recommended that the classification for the basic values of design and layout criteria are 'good' and 'satisfactory'. In accordance with the basic values of a high classification the majority of road-users (about 85%) can drive safely, flexibly and comfortably. The medium classification applies the minimum or maximum values of layout criteria, whereby the driver must concentrate more on driving.

Traffic units are needed for determining the layout, for example, direction, cross-section, intersections and visibility splays of a road. In addition to normal vehicles conformant to valid legislation and their dimensions, the study also examined special transport vehicles and different units of non-motorised transport.

The basic values of driving dynamics are defined on the basis of the performance of the vehicles, the friction properties of the tyres and road surface, the driving behaviour of drivers and the performance and tolerance of drivers and passengers. Basic characteristics (e.g. reaction time, friction, acceleration, gradient and centrifugal effects ) are used, for example, to define stopping and overtaking distances, the minimum radii of horizontal and vertical geometry and the lengths of transition curves. It is recommended that the two classifications are used for some of the basic values. For acceleration, it is recommended that basic values corresponding to new simulation results are used. It is also recommended that procedures for defining gradient and centrifugal effects are simplified.

Basic values concerning the determination of visibility concerns dimensions (such as height of eyes above the road surface, obstructions and headlights as well as visibility angle) that describe the features of road-users, vehicles and obstructions that may be on the road. With the aid of these basic values, it is possible to define the minimum values of road geometry required for visibility splays on the main links and at intersections.

The cross-section of the road is divided into traffic space and the surrounding free space. The cross-section's lateral traffic space (width of the surfaced area) consists of the space required for the vehicles and other forms of traffic, as well as spare space dependent on driving style and movement of vehicles and pedestrians, and lateral distances. The surrounding free space is the road's cross-sectional area, inside of which there can be no fixed or attenuating obstructions. Specifications are presented of the driving methods of dimensioned vehicles. No changes are presented for free space or swept paths used in the design of intersections.

## Esipuhe

Tiensuunnittelun liikenneteknisiä mitoitusperusteita on Suomessa tarkastelu aikaisemmin vuonna 2000 valmistuneessa selvityksessä. Tässä työssä on tarkasteltu ja koottu yhteen nykyisten suomalaisten ohjeiden ja ohjeluonnosten lisäksi muissa maissa, lähinnä pohjoismaissa ja Saksassa, käytetyt liikenneteknisen suunnittelun ja mitoituksen mitoitusperusteet ja niiden perusarvot. Viime vuosien aikana ohjeistusta on päivitetty mm. Ruotsissa, Norjassa ja Tanskassa.

Selvityksessä esitetyt suositukset suomalaisiksi mitoitusperusteiksi ja niiden perusarvoiksi ovat ensisijaisesti työstä vastanneen konsultin asiantuntijoiden näkemyksiä. Niiden mahdollisesta käyttöön otosta suunnitteluohjeissa ei tässä yhteydessä ole tehty päätöksiä. Suositusten lisäksi työssä on todettu selkeimmät lisäselvitystarpeet.

Työn ohjaamisesta ovat vastanneet Liikennevirastossa Jorma Saarelainen ja Ari Liimatainen. Selvitys on laadittu Ramboll Finland Oy:ssä, jossa työn projektipäällikkönä on ollut Jukka Ristikartano ja projektisihteerinä Lotta-Maija Salmelin sekä muina asiantuntijoina Ralf Granlund ja Jukka Räsänen.

Helsingissä joulukuussa 2012

Liikennevirasto

Hankesuunnitteluosasto/Suunnittelun ohjaus -yksikkö

# Sisällysluettelo

1	JOHDANTO .....	8
1.1	Yleistä .....	8
1.2	Mitoitusperusteet muissa maissa .....	9
2	LIIKENNETEKNISEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT .....	11
2.1	Mitoittava liikenne .....	11
2.2	Mitoittavat liikenneyksiköt .....	13
2.3	Suunnittelu- ja mitoitusnopeus .....	17
2.4	Laatuluokitus .....	24
3	LIIKENNEYKSIKÖIDEN PERUSARVOT .....	28
3.1	Ajoneuvoyhdistelmät .....	28
3.2	Linja-autot .....	29
3.3	Kuorma- ja henkilöautot sekä kunnossapito- ja pelastusajoneuvot .....	31
3.4	Erikoiskuljetusajoneuvot .....	34
3.5	Jalankulkijat, pyöräilijät ja mopot .....	37
4	AJODYNAMIIKKAAN LIITTYVÄT PERUSARVOT .....	42
4.1	Yleistä .....	42
4.2	Reaktioaika .....	43
4.3	Kitka .....	46
4.4	Kiihtyvyys .....	50
4.5	Hidastuvuus .....	51
4.6	Pystykiihtyvyys .....	53
4.7	Sivukiihtyvyys .....	54
4.8	Kiihtyvyyden muutos eli nykyä .....	57
4.9	Sivusiirtymisnopeus .....	57
4.10	Nousuviiste ja rotaatio .....	59
4.11	Tien pituus- ja sivukaltevuuden maksimiarvot .....	64
4.12	Ajoneuvojen maavara ja pituuskaltevuuden taitteet .....	68
5	NÄKEMIEN MÄÄRITTÄMISEN PERUSARVOT .....	70
5.1	Yleistä .....	70
5.2	Silmäpisteen korkeus .....	71
5.3	Estekorkeus ja näkemäkulma .....	73
5.4	Ajoneuvon korkeus ja ajovalojen sijainti .....	75
6	LIIKENNETILAN JA VAPAAN TILAN PERUSARVOT .....	78
6.1	Yleistä .....	78
6.2	Ajotavat .....	79
6.3	Liikennetilän leveys .....	82
6.4	Vapaa tila .....	85
6.5	Liittymäsuunnittelun perusarvot .....	89
7	LÄHDELUETTELO .....	94

## LIITTEET

Liite 1 Erikoiskuljetusperävaunuyhdistelmä T4

Liite 2 Erikoiskuljetusperäjuoksijayhdistelmä T8

# 1 Johdanto

## 1.1 Yleistä

Liikenneväylien geometrinen suunnittelu ja mitoitus perustuvat liikenneympäristön, ajoneuvojen sekä kuljettajien ja matkustajien ominaisuuksiin. Suunnittelu- ja mitoitusterusteet ja niiden perusarvot määräytyvät tien merkityksen, tietyypin, tielle suunnitellun nopeustason, liikennemäärän, liikenteen luonteen ja koostumuksen, tienkäyttäjien ja ajoneuvojen ominaisuuksien sekä paikallisten olosuhteiden perusteella. Perusarvojen avulla kuvataan myös liikenneympäristön vaikutusta tienkäyttäjien sekä tienkäyttäjien suoritus- ja sietokykyä.

Teiden kulkukelpoisuutta, turvallisuutta, palvelutasoa, ulkonäköä ja viihtyisyyttä arvioidaan geometrisessa suunnittelussa normaalisti tarkastelemalla yksittäisiä suunnitteluelementtejä ja elementtiyhdistelmiä kuten kaarre- ja pyöristyssäteitä, pituuskaltevuuksia, poikkileikkauksia jne. Suunnitteluohjeissa määritetään mitoitusterusteiden ja niiden perusarvojen avulla näille elementeille suositeltavat ohje- ja vähimmäis-/enimmäisarvot.

Tien suuntauksen suunnittelun perusarvojen tulee olla sellaisia, että niiden mukainen tien geometria mahdollistaa ajoneuvojen turvallisen liikennöinnin halutulla nopeustasolla. Tämä edellyttää mm.

- näkemiä, jotka mahdollistavat ajoradalla olevan ajoesteen havaitsemisen ja sivuuttamisen tai ajoneuvon pysäyttämisen ennen sitä sekä tietyillä tietyypeillä lisäksi kohtaavien ajoneuvojen pysäyttämisen ennen yhteenajoa
- riittäviä ohitusnäkemä- ja ohituskaistajärjestelyjä
- kuljettajaan, matkustajiin ja ajoneuvoon vaikuttavia kohtuullisia voimia ja voimien muutoksia (ajodynaamiset tekijät).

Poikkileikkauksen suunnittelun perusarvojen tulee mahdollistaa tien poikkileikkauksen suunnittelu siten, että sen eri osat voidaan mitoittaa tieluokan, tielle suunnitellun nopeustason sekä liikennemäärän ja liikenteen ominaisuuksien perusteella. Liikennetilän mitoituksen kannalta oleellisia ovat mitoittavien ajoneuvojen mitat sekä ajotavan perusteella määräytyvät liikkumisvarat sekä sivuetaisyys toisiin liikenneyksiöihin, päällysteen reunaan tai reunatukiin sekä yli 0,2 metriä korkeisiin esteisiin. Vapaa tila muodostuu liikennetilasta ja sen sivuilla sekä yläpuolella olevista varmuusetaisyysyksistä.

Liittymien suunnittelussa käytettäviä suunnittelu- ja mitoitusterusteita ovat mitoitusaajoneuvot mittoineen sekä mitoittavat ajotavat kääntösäteineen. Näiden avulla muodostetuilla ajourilla voidaan määritellä ajoneuvojen tarvitsema tilantarve liittymissä, koska kääntyvän ajoneuvon tilantarve on suurempi kuin suoralla tienosalla. Varsinaisen ajouran edellyttämän ajotilan lisäksi tarvitaan vielä liikkumisvarat erityyppisiin esteisiin.

Kevyen liikenteen väylien suunnittelussa tarvitaan mitoitusterusteita ja niiden perusarvoja suuntauksen, poikkileikkauksen ja liittymien suunnittelussa sekä varusteiden ja kalusteiden mitoituksessa. Tällöin tulevat korostuneesti esille tienkäyttäjistä erilai-



set jalankulkijaryhmät sekä polkupyöräilijä ja mopoilijat. Näillä kaikilla on erilaiset ominaisuudet ja siten myös mitoituksen perusarvot.

Tässä työssä on tarkasteltu suomalaisissa mitoitusohjeissa käytettyjä ja tarvittavia mitoitusperusteita sekä niiden perusarvoja ja verrattu arvoja lähinnä muissa pohjoismaissa ja Saksassa käytettyihin mitoitusarvoihin ja tutkimustuloksiin. Tarkastelun perusteella on myös tehty muutosehdotuksia nykyisiin suomalaisiin mitoitusperusteisiin ja perusarvoihin.

Teiden ja katujen sekä muiden väylien suunnittelua koskevien ohjeiden laadinnassa liikennetekniset suunnittelu- ja mitoitusperusteet ja niiden mitoitusarvot ovat oleellisenä lähtökohta. Yksittäisen suunnittelukohteen mitoitus perustuu kohteen ominaisuuksien ja suunnitellun nopeustason lisäksi liikenneteknisen mitoituksen lähtökohtiin, joita tässä työssä on tarkasteltu luvussa 2.

Luvuissa 3 - 6 on käsitelty yksittäisiä suunnittelu- ja mitoitusperusteita ja niiden perusarvoja. Näiden tarkasteluiden pohjana ovat luvussa 2 esitetyt liikenneteknisen suunnittelun lähtökohdat. Varsinaiset suunnitteluohjeet voidaan laatia liikenneteknisen mitoituksen osalta näiden mitoitusteknisten perusarvojen avulla, jolloin mitoitusperusteita tarvitsee tarkastella hankekohtaisessa suunnittelussa vain tietyissä erityistilanteissa.

## 1.2 Mitoitusperusteet muissa maissa

Mitoitusperusteita on Suomessa tarkastelu viimeksi vuonna 2000 valmistuneessa selvityksessä. Tässä selvityksessä on käyty läpi lähinnä muissa Pohjoismaissa ja Saksassa käytettäviä ohjeita sekä vuoden 2000 jälkeen tehtyjä selvityksiä. Seuraavassa on lyhyt katsaus tilanteisiin eri maissa.

### Ruotsi

Ruotsalaiset tie- ja katusuunnitteluohjeet "Vägar och gators utformning (VGU)" ovat vuodelta 2004 (Vägverket 2004). Niiden perusarvoja koskevassa ohjeistuksessa (Grundvärden) esitetyt mitoitusarvot perustuvat suurimmaksi osaksi 1970-luvun lähtötietoihin. Ohjeistusta on päivitetty joiltakin osin vuoden 2004 jälkeen (Vägverket 2007). Kevyen liikenteen väylien ohjeistus "GCM-Handbok" on uusittu vuonna 2010 (GCM 2010).

Ruotsissa uusitaan parhaillaan tie- ja katusuunnittelun tarpeisiin laadittua ohjeistusta. Tarkoituksena on tehdä uudesta ohjeistuksesta tarkempi, koska nykyinen ohjeistus on ollut enemmän neuvoa antava. Lausuntokierroksella vuoden 2012 alussa olleessa ohjeluonnoksessa muutokset mitoitusperusteisiin ja perusarvoihin ovat vähäisiä.

### Norja

Norjan tie- ja katusuunnitteluohjeet "Veg- og gateutforming, Normaler, Håndbok 017" on uusittu vuonna 2008 (Statens vegvesen 2008a). Huhtikuussa 2011 ohjeista on tehty uusi korjattu versio (Statens vegvesen 2011), jota ei ole vielä hyväksytty. Ainoa mitoitusperusteita koskevaan osaan esitetty muutos koskee kevyen liikenteen väylien vapaata korkeutta, johon on lisätty varmuusvara 0,1 m. Tasoliittymiä koskeva ohje "Geometrisk utforming av veg- og gatekryss, Veiledning, Håndbok 263" on myös vuodelta 2008 (Statens vegvesen 2008b).

Varsinaisissa mitoitushjeissa käytettyjen mitoituserusteiden taustat, selitykset ja perusarvot on kuvattu erillisessä ohjeessa "Linjeføringsteori, Veiledning, Håndbok 265" (Statens vegvesen 2008c).

## **Tanska**

Tanskan maaseututeiden suunnittelussa käytetään vuonna 2008 tehtyjä ohjeluonnoksia "Trafikarealer, Land, Hæfte 1-4.4 " (Vejdirektoratet 2008a,b,c,d). Taajamateiden suunnittelua koskevat, vuoden 1991 ohjeista uudistetut ohjeet "Byernes trafikarealer" perusarvoineen ovat vuodelta 2000. Mitoituserusteita on käsitelty ohjesarjan ensimmäisessä osassa (Vejdirektoratet 2000). Taajamatieohjeiden osat "Hæfte 7, Fartdæmpere" on uudistettu edelleen loppuvuonna 2007, "Hæfte 9, Anlæg for parkering og standsning m.v." alkuvuodesta 2009 ja "Hæfte 4, Vejkryds" loppuvuonna 2010. Uusimmat sekä taajama- että maaseututeiden suunnittelua käsittelevät, tammikuussa 2012 julkaistut ohjeluonnokset ovat tällä hetkellä lausuntovaiheessa. Suuntausta ja liittymäsuunnittelua koskeva ohjeluonnoskokonaisuus on seitsemänosainen ja mitoituserusteita käsitellään osassa "Håndbog, Grundlag for udformning af trafikarealer, Anlæg og planlægning" (Vejdirektoratet 2012).

## **Saksa**

Uusin versio saksan moottoriteiden suunnitteluohjeista "Richtlinien für die Anlage von Autobahnen" on vuodelta 2008 (RAA). Yksiajorataisia teitä koskevista ohjeista "Richtlinien für die Anlage von Straßen" suuntausohje (RAS-L) on vuodelta 1995 (viimeisimmät päivitykset vuodelta 2000). Poikkileikkausohje (RAS-Q) on vuodelta 1996 ja tasoliittymäohje (RAS-K-1) vuodelta 1988. Mitoitusajoneuvot ja ajourat on uusittu vuonna 2001.

Suuntauksen suunnittelun ohjeita koskeva uudistustyö on tekeillä ja valmistunee lähiaikoina (RAL). Selvityksen tekoaikana ei ole ollut mahdollista saada tarkempaa tietoa mahdollisista muutoksista perusarvoihin tai niiden määrittelyihin.

## **USA**

Yhdysvaltojen ohjeet teiden ja katujen geometrisestä suunnittelusta "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets" on uusittu vuonna 2004 (AASHTO 2004). Ohjeistuksessa on esitetty kattavasti mitoituksessa käytettävä ohjeistus eri tieluokille sekä suuntauksen, poikkileikkausten että liittymien osalta. Tässä työssä ohjetta on käytetty vain rajoitetusti, koska ohjeiden taustalla olevia mitoituserusteita ei ole tarkasti kerrottu. Näitä on käsitelty lukuisissa eri tutkimuksissa ja selvityksissä, joihin ohjeissa on tarvittaessa viitattu.

## **Taustaselvitykset**

Tanskan vetämänä Pohjoismaisena yhteistyönä on tehty kirjallisuusselvityksiä (NMF 2007), jossa on esitetty eri ajoneuvodynamiikan perusarvoihin liittyviä tutkimustuloksia ympäri maailman. Kirjallisuusselvitykset ovat olleet pohjatyönä ohjetyölle, josta valmistui ehdotus tanskalaisiksi ohjeiksi vuonna 2008.

## 2 Liikenneteknisen suunnittelun lähtökohdat

### 2.1 Mitoittava liikenne

Liikenneteknisen mitoituksen tärkeimpänä lähtökohtana on mitoittava liikenne. Liikenteellä tarkoitetaan tällöin nykyisen ja ennustetun liikennemäärän lisäksi myös kulutapajakautumaa, ajoneuvokoostumusta, liikenteen erilaisia vaihtelumuotoja ja liikenteen sijoittumista suunnittelukohteessa. Tässä selvityksessä näihin asioita on tarkasteltu vain osittain, mutta ne on otettava huomioon varsinaista suunnitteluohjeistusta laadittaessa.

#### Suomi

Tien poikkileikkausta valittaessa mitoitusliikennemääränä käytetään yleensä ohjevuoden ennustettua keskimääräistä vuorokausiliikennettä (KVL). Liikenteen koostumusta kuvataan raskaan liikenteen osuudella tai määrällä. Ohjevuosi on 20 vuotta hankkeen valmistumisesta eteenpäin. Liikenteenvälityskyky- ja palvelutasotarkasteluissa käytetään mitoittavaa huipputuntiliikennettä (vuoden 100. suurin tuntiliikenne), joka vaihtelee liikenteen ominaisuuksien mukaan yleensä välillä 0,10 ... 0,18 \* KVL (Liikennevirasto 2011a), tai valitun mitoittavan tunnin liikennettä (esim. aamu- tai iltahuipputunti).

Kaupunkialueiden pääväylien suunnitteluohjeissa ohjevuosi on yleensä 20 vuotta väylän avaamisesta, mutta nykyisen väylän parantamisessa voidaan tyytyä myös 10 vuoden toimivuusikään. Mitoitusliikenne on yleensä ohjevuoden ennusteeseen pohjautuva, mitoittavan tunnin liikenne. Mitoitusliikenteenä käytetään yleensä huipputunnin vilkkaimman neljänneksen mukaan laskettua tuntiliikennettä. Mitoitusliikenteen ajankohta on valittava tapauskohtaisesti, mutta valintaan on annettu useampia vaihtoehtoja (Tielaitos 1993).

Liittymien mitoitusliikenteenä käytetään liittymätyyppiä valittaessa sekä lisäkaistojen ja valo-ohjauksen tarvetta arvioitaessa yleensä vuoden tai kesän keskimääräistä vuorokausiliikennettä (KVL, KKVL). Huipputuntiliikennettä käytetään mitoitusliikenteenä mm. välityskykytarkasteluissa, liikenteen ohjauksen kuten liikennevalo-ohjauksen suunnittelussa, ajokaistamitoituksessa sekä tavanomaisesta poikkeavissa suunnittelutilanteissa. Mitoitusliikenne selvitetään yleensä liikennelaskennoilla ja liikenne-ennusteilla. Liittymän mitoitusliikenne on yleensä joko ohjevuoden 100.–300. huipputunti, jolloin tuntiliikenne on tavallisesti 8–15 % KVL:stä. Mitoitusajan kohta valitaan yleensä 5–20 vuotta toteuttamisajankohdasta eteenpäin. Yleensä pyritään ratkaisuihin, jotka ovat toimintakelpoisia sellaisenaan tai vähäisin muutoksin vähintään 10 vuotta. Laajempien ja kalliimpien ratkaisujen mitoitusjakso on yleensä pitempi esim. 20 vuotta (Tiehallinto 2001).

Kevyen liikenteen suunnitteluohjeissa mitoitusliikenteellä tarkoitetaan ennustettua mitoitusvuoden vuorokausiliikennemäärää (jalankulkijaa, pyöräilijää tai kevyen liikenteen yksikköä). Määrä vastaa normaalia hyvän kelin kesäliikennettä, ei kuitenkaan liikennehuippua. Mitoitusvuosi on 5 tai 10 vuotta rakentamisesta eteenpäin (Tielaitos 1998).

## Ruotsi

Ruotsissa mitoittavaksi tuntiliikenteeksi on määritelty mitoitusvuoden (yleensä 20 vuotta avaamisesta) normaalin arkipäivän maksimituntiliikenne. Tämän voidaan katsoa vastaavan tuntijärjestyskäyrän 200. vilkkainta tuntia. Mitoittavan tunnin aikana keskinopeus ei saa laskea yli 10 km/h viitenopeutta (referenshastighet) alemmaksi tai kuormitusasteen on oltava hyvällä laatutasolla alle 0,8. Lisäksi suurien juhlapyhien aikana 30. vilkkaimman tunnin kuormitusasteen on oltava alle 1,0. (Vägverket 2004)

## Norja

Norjassa keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) on yhtenä tärkeimpänä tekijänä valittaessa tien mitoitusluokkaa. Linjaosuuksilla mitoitusvuosi on 20 vuotta ja liittymissä 10 vuotta tien avaamisesta. Taajamissa mitoitusliikenne määrätään tarkemmalla analyysillä, jolloin ennustevuoden valinta on osa analyysia. Liittymissä mitoittava tuntiliikenne valitaan prosenttiosuutena KVL-arvosta liikenneympäristöstä johdettuna. (Statens vegvesen 2008a ja 2008b)

## Tanska

Tanskassa poikkileikkauksen valinta vaihtoehtoisten tyyppipoikkileikkausten välillä tehdään välityskykylaskelmien ja taloudellisten tarkastelujen avulla. Tarkasteluissa pyritään määrittämään ennustevuoden mitoittava tuntiliikenne. Tuntiliikenne voidaan määrittää tällöin 30. vilkkaimman tunnin liikenteenä. Myös 100. vilkkainta tuntia voidaan käyttää, jos investointikustannukset ovat suuret. Usein tuntiliikenteenä käytetään myös 10 % ennustevuoden vuorokausiliikenteestä. Mitoitusvuotta ei ohjeissa määritellä poikkileikkauksen valinnan osalta, mutta liittymien suunnittelussa mitoitusjakso on 10 -15 vuoden pituinen. (Vejdirektoratet 2008a)

## Saksa

Saksalaisissa ohjeissa (esimerkiksi poikkileikkauksen suunnitteluohje RAS-Q) ei määrätä tarkkaan mitoittavaa ennustevuotta, vaan se valitaan hankekohtaisesti. Vaikka monet mitoitus- ja suunnitteluarvot valitaan KVL-tasaisen liikennemäärätiedon perusteella (kuten moottoriteiden suunnittelun lähtökohtien valinta ohjeessa RAA), niin esimerkiksi raskaan liikenteen osuus on myös otettava huomioon, ja mitoittavaa tuntiliikennettä suositellaan käytettäväksi vaativammissa kohteissa. Liikenne-ennusteet suositellaan tehtäväksi 5–10 vuoden askeleissa, eikä ainoastaan mitoittavan ennustevuoden tilanteessa (RAS-Q).

## Suositus

Mitoitusliikenteen valinnasta ei nyt esitetä uusia suosituksia. Jatkossa olisi kuitenkin hyvä tehdä tarkempi selvitys mitoitusliikenteen valintaa koskevista ohjeista ja suosituksista eri suunnittelutilanteissa.

## Perustelut

Mitoitusliikenteestä ei anneta uusia suosituksia, koska niiden antamiseksi on tarkasteltava tarkemmin erilaisia mitoitusilanteita ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Tällöin on otettava huomioon toisaalta saatavilla olevan liikennemäärätiedon tarkkuus ja eri tilanteissa käytettävät liikenne-ennustemenetelmät sekä toisaalta eri suunnittelutilanteiden tarpeet ja mahdollisuudet hyödyntää liikennemäärätietoja.

## 2.2 Mitoittavat liikenneyksiköt

### Taustaa

Tieliikenteessä käytettävät erilaiset ajoneuvot luokitellaan tien geometrian suunnittelua varten mitoitusajoneuvoiksi. Kukin mitoitusajoneuvo edustaa ryhmänsä suurimpia sallittuja, suositeltuja tai olemassa olevia ja samalla eniten tilaa vaativia ajoneuvoja tai on muuten mitoiltaan riittävän suuri edustamaan valtaosaa kyseisen ryhmän ajoneuvoista. Liikenneväylien suunnittelussa mitoitusajoneuvoja tarvitaan mm. poikkeileikkauksen, liittymien, näkemien ja suuntausgeometrian mitoittamisessa.

Tieliikenteen ajoneuvoja koskevat keskeiset säännökset on annettu ajoneuvolaissa (1090/02), Liikenne- ja viestintäministeriön (LVM) asetuksessa autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista (1248/02) sekä asetuksessa ajoneuvojen käytöstä tiellä (1257/92). Ajoneuvolaissa ja rakenneasetuksessa säädetään mm. mitoitusajoneuvoluokituksen lähtökohtana oleva ajoneuvojen perus- ja alaluokitus. Käyttöasetuksessa määritetään ajoneuvojen mitoituksessa ja tiensuunnittelussa tarpeelliset auton, perävaunun ja niiden yhdistelmien suurimmat sallitut pituudet sekä muut päämitat. Lisäksi annetaan ajoneuvomitoitukseen ja sitä kautta tiensuunnitteluun vaikuttavat vaatimukset ajoneuvojen ja ajoneuvoyhdistelmien kääntyvyyksille. Erikoiskuljetusajoneuvoja koskevia erityismääräyksiä annetaan Liikenneministeriön päätöksessä erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista (1715/92).

### Ajoneuvoyhdistelmät

Euroopan unionin neuvosto hyväksyi heinäkuussa 1996 uuden kuljetusdirektiivin 96/53/EY ja harmonisoi suurimmat kansallisessa ja kansainvälisessä liikenteessä sallitut tavaraliikenteen ajoneuvojen mitat. Euroopan unionin alueella auton ja perävaunun suurin sallittu korkeus on yleensä 4,0 m ja leveys 2,55 m. Kuorma-auton ja varsinaisen perävaunun yhdistelmän pituus ei saa ylittää 18,75 m eikä kokonaismassa 40 t. Suomi ja Ruotsi saivat säilyttää silloiset, näitä suuremmat ajoneuvojen ja ajoneuvoyhdistelmien massat ja mitat. Suomessa suurin sallittu ajoneuvoyhdistelmän pituus oli tuolloin 22 m ja Ruotsissa 24 m. Kummassakin maassa sallittiin enimmillään 60 t kokonaismassa. Suomen ja Ruotsin on kuitenkin sallittava muista EU-jäsenmaista saapuvien vetoautojen ja perävaunujen yhdistelmien kytkeminen uudelleen ns. moduuliajoneuvoiksi siten, että niiden kuormatilan pituus on vähintään yhtä suuri kuin kotimaisilla ajoneuvoyhdistelmillä.

Kuljetusdirektiivin hyväksymisen jälkeen ajoneuvolainsäädäntöä muutettiin Suomessa 1.8.1997. Suurin muutos oli moduulimittaisten ajoneuvoyhdistelmien hyväksyminen, jolloin ajoneuvoyhdistelmän suurin sallittu pituus nousi 25,25 metriin. Myös Ruotsissa sallitaan nykyisin 25,25 metrin mittaiset moduuliajoneuvot. Ruotsissa moduuliajoneuvo tulee kuitenkin muodostaa ainoastaan ns. EU-mittaisista osista, eikä Suomessa mahdollisia räätälöityjä yhdistelmiä sallita. Tanskassa ja Saksassa pisin sallittu yhdistelmäpituus on EU mittojen mukainen 18,75 m. Norjassa suurin ajoneuvoyhdistelmän pituus on 22 m.

Suomessa ajoneuvojen suurin sallittu korkeus nostettiin 4,2 metriin 1.8.1997. Tämä mitta ei saa ylittyä myöskään ajoneuvon ollessa kuormaamattomana tai mahdollinen akselinostolaite yläasennossa. Ruotsissa ei ajoneuvoilla ole mitään rakenteellista korkeusrajoitusta, mutta mitoitusperusteena on 4,3 metrin korkeus ja ajotapatekijöi-

neen mitoituskorkeus on 4,5 metriä. Tanskassa käytetään EU:n mukaista 4,0 m maksimikorkeutta. Norjalaisissa säädöksissä ei ole esitetty ajoneuvon maksimikorkeutta.

Ajoneuvon suurin sallittu leveys on 2,60 metriä. Kiinteältä rakenteeltaan yli 22,00 metrin pituisessa yhdistelmässä käytettävän muun kuin lämpöeristetyin ajoneuvon suurin sallittu leveys on vuoden 2004 lokakuun alusta alkaen ollut kuitenkin 2,55 metriä. Suomessa sallittiin vanhemmille moduuliyhdistelmille 2,6 m leveys vuoden 2006 loppuun saakka. Ruotsissa ajoneuvon maksimileveys on 2,6 m. Tanskassa ja Saksassa sallitaan EU:n mukainen 2,55 m leveys ja Norjassa suurin sallittu leveys on 2,5 metriä.

Moottoriajoneuvon sekä ajoneuvoyhdistelmän, jonka kokonaispituus on enintään 18,75 metriä, on kyettävä tekemään kumpaankin suuntaan 360° käänнос siten, että ajoneuvon uloimman etukulman kulkiessa 12,50 metrin säteistä kaarta pitkin sisäsiivu kulkee vähintään 5,30 metrin säteistä kaarta pitkin. Yli 18,75 metriä pitkän ajoneuvoyhdistelmän on täytettävä kääntövyssäntö 12,50/2,00 m. Auton ja varsinaisen perävaunun enintään 22 metriä pitkän yhdistelmän erillisestä kääntövyssäännöstä, jonka mukaan yhdistelmän tuli täyttää ympyränkaarta pitkin kulkiessaan ehto 12,50/5,00 m luovuttiin vuoden 2012 alussa.

### Linja-autot

Nivelettömien ns. jäykkien linja-autojen suurin sallittu pituus oli Suomessa 13,0 m vuodesta 1982 vuoteen 1989 saakka ja 14,5 m vuodesta 1990 vuoteen 2002 saakka. Vuonna 2002 suurin sallittu pituus nostettiin 15,0 m:iin ja yli 13,5 m pitkät linja-autot tuli jatkossa aina rakentaa vähintään kolmiakselisiksi. Samalla kavennettiin kaikkien linja-autojen leveys 2,6 m:stä 2,55 m:iin.

Nivelrakenteiset linja-autot tulivat Suomessa sallituksi vuonna 1975 ja niiden suurin pituus sai olla 18,0 m. Suurin sallittu pituus muutettiin 18,75 m:iin vuonna 2002. Useammalla kuin yhdellä nivelellä varustetut linja-autot on saanut heinäkuun 2009 alusta alkaen rakentaa enintään 25,25 m pitkiksi.

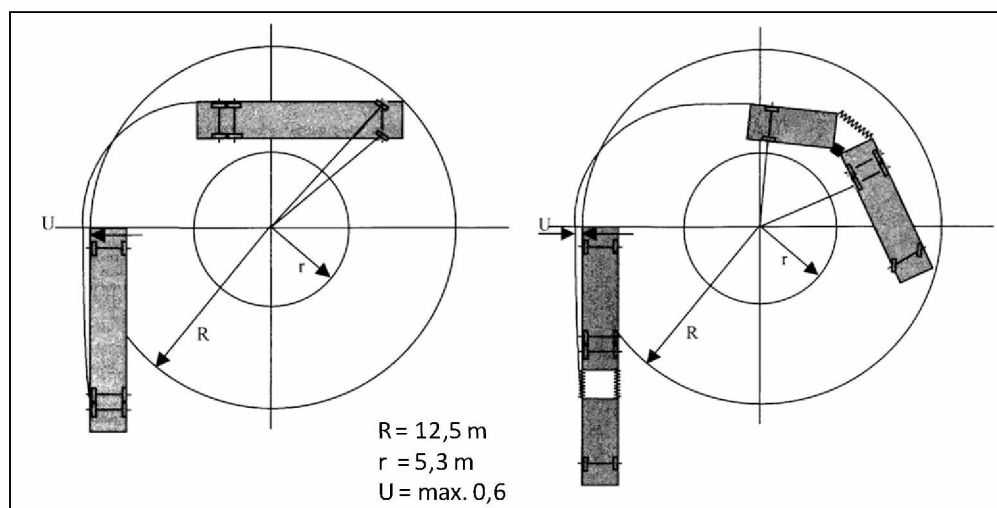
Linja-autoille ei ollut ennen vuotta 1990 varsinaista ulointa etukulmaa koskevaa kiinteää kääntövyssäntöä. Kululaitosten ja yleisten töiden ministeriön linja-autoja koskevalla päätöksellä mitoitus ja kääntövyys säädeltiin siten, että korin takaylitys sai olla enintään 65 % akselivälistä ja enintään 3,9 m. Edellytyksenä oli kuitenkin, että lähdetäessä liikkeelle ohjauksen ollessa 12,0 m säteistä kääntöympyrää vastaavassa asennossa tai tätä suuremmassa pienintä kääntöympyrää vastaavassa asennossa, korin äärimmäisen takakulman ns. sivusiirtymä auton sivun määräämästä pituussuuntaisesta pystytasosta mitattuna sai olla enintään 0,8 m. Etuylitys sai olla enintään 2,8 m.

Nivelettömien linja-autojen pituuden kasvaessa vuonna 1990 kääntövyysvaatimuksia muutettiin. Linja-auton tuli muiden ajoneuvojen ja ajoneuvoyhdistelmien tapaan olla siten kääntövä, että uloimman etukulman kulkiessa 12,5 m säteisen ympyrän kaarta pitkin sisäsiivu kulki vähintään 5,0 m säteistä kaarta pitkin. Yli 13,0 m pitkän linja-auton tuli kuitenkin olla siten kääntövä, että uloimman etukulman kulkiessa 14 m säteistä ympyrän kaarta pitkin sisäsiivu kulki vähintään 6,0 m säteistä kaarta pitkin. Vuoden 1993 alusta alkaen yli 13,0 m pitkän linja-auton kääntövyssäännöksi tuli 15,0/6,0. Pitkien, pitkäakselivälisten linja-autojen väljä kääntövyssäntö mahdollisti sen, että autot voitiin mitoittaa etupyörien kääntövyysrajoissa kohtuullisen hyvin kääntöviksi. Pitkän takaylityksen tekemisen kun esti edellisen kappaleen mukainen takakulman sivusiirtymävaatimus. Vaatimus oli mm. pysäkillä odottavien matkustaji-

en turvallisuuden kannalta perusteltu. Takakulman sivusiirtymävaatimus johti toisaalta joihinkin kääntyvyydeltään kömpelöihin 14,5 m pitkiin teliajoneuvoihin, kun niiden etupyörien kääntymiskulma ulospäin korista jouduttiin rajoittamaan pahimmillaan 39–40 asteeseen pitkän takaylityksen takia. Ruotsin Paikallisliikenneliitto suosittelee ajoneuvonormeissaan pitkille telilinja-autoille kääntövyysvaatimusta 14,0/7,0 m. Perusmitoitusajoneuvon pituus oli sikäläisissä ohjeissa 14,5 m. Nivellinja-autojen osalta takakulman sivusiirtymävaatimusta lievennettiin Suomessa vuoden 1990 alusta alkaen ja se sai olla enintään 1,2 m.

Euroopan parlamentti ja neuvosto antoi heinäkuussa 1997 tiettyihin luokkiin kuuluvien moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen massoja ja mittoja koskevan direktiivin 97/27/EY. Direktiivin mukaan jäsenvaltiot eivät saa evätä ajoneuvotyyppiltä mm. EY-tyyppihyväksyntää tai kansallista tyyppihyväksyntää taikka estää tai kieltää ajoneuvon myyntiä, rekisteröintiä, käyttöönottoa tai käyttöä, jos sen massat ja mitat ovat direktiivin liitteen I vaatimusten mukaiset. Samana vuonna otettiin aiemmin ajoneuvoyhdistelmien yhteydessä mainittu direktiivin enintään 18,75 m pitkiä moottoriajoneuvoja ja ajoneuvoyhdistelmiä koskeva kääntövyysvaatimus kansalliseen lainsäädäntöön. Vaatimus tiukensi hieman enintään 13,0 m pitkien linja-autojen ja lyhyiden täysperävaunuyhdistelmien kääntövyysvaatimusta (entinen 12,5/5,0 m). Käytännössä vaatimuksella ei ollut vaikutusta puoli- ja täysperävaunuyhdistelmien mitoittamiseen aikaisempaan nähden. Linja-autojen osalta direktiivi ei muuttanut takasivusiirtymää koskevia vaatimuksia (0,8 tai 1,2 m) muuten kuin, että kääntöympyrän säde kasvoi 12 m:stä 12,5 m:iin.

Vuonna 2003 Euroopan yhteisöjen komissio antoi direktiivin 2003/19/EY, jolla muutettiin direktiivi 97/27/EY tekniikan kehitystä vastaavaksi. Direktiivin muutetun liitteen I mukaisesti linja-auton korin tulee olla siten mitoitettu, että tultaessa suoraan ajaen 12,5 m säteiseen kääntöympyrään ja alettaessa seurata sitä, korin äärimmäisen takakulman siirtymä suoraan ajon aikaisesta auton sivun määräämästä pystytasosta mitattuna on enintään 0,6 m. Näin mitoitetun auton äärimmäisen takakulman sivusiirtymä voi olla noin 1,5 m lähdetäessä liikkeelle ohjauksen ollessa 12,5 m säteistä kääntöympyrää vastaavassa asennossa. Muutos aikaisempaan on merkittävä ja huonontaa mm. pysäkillä odottavien matkustajien turvallisuutta aikaisempaan tilanteeseen nähden (kuva 1). Toisaalta direktiivi mahdollistaa kääntävyydeltään entistä ketterämpien ja pidempien linja-autojen valmistamisen.



Kuva 1. Linja-autojen kääntävyyttä ja takakulman sivusiirtymää koskevat vaatimukset.

Direktiivin 2003/19/EY mukainen äärimmäisen takakulman siirtymävaatimus tuli voimaan Suomen lainsäädännössä jo syyskuun lopussa 2001. Kun linja-autojen sallitut pituudet nostettiin ja leveys kavennettiin vuonna 2002, tuli huhti-joulukuun välisen siirtymäkauden jälkeen vuoden 2003 alusta kaikkien uusien linja-autojen olla EU-yleissäännön mukaisesti siten kääntyviä, että ulomman etukulman kulkiessa 12,5 m säteisen ympyrän kaarta pitkin sisäsivu kulkee vähintään 5,3 m säteistä kaarta pitkin. Vanhempaa linja-autokalustoa, joka ei täytä uusia leveys-, kääntyvyys- ja takakulman siirtymävaatimuksia, saa käyttää vuoden 2020 loppuun.

### **Erikoiskuljetusajoneuvot**

Erikoiskuljetus on kuormaamattoman tai jakamattomalla esineellä kuormatun ajoneuvon taikka ajoneuvoyhdistelmän kuljetus, jossa ylitetään ainakin yksi ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen mukaan tiellä yleisesti sallittu mitta tai massa taikka ajoneuvo on ollut kuormattava kuorman laadusta johtuen asetuksen säännöksistä poiketen. (Liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista 1715/92).

Erikoiskuljetusajoneuvolla tarkoitetaan mm. jakamattomaksi esineeksi katsottavan tietyn työkonetyypin kuljetukseen rakennettua, erityisellä kuljetusritilällä tai vastaavalla rakenteella varustettua ajoneuvoa tai erikoiskäyttöön rakennettua, tiellä yleisesti sallitut mitat ja massat ylittävää ajoneuvoa sekä jakamattoman esineen kuljetukseen rakennettua ja varustettua ajoneuvon kytkettäväksi tarkoitettua perävaunua. Erikoiskuljetusyhdistelmäksi katsotaan erikoiskuljetusajoneuvon ja perävaunun yhdistelmä tai ajoneuvon ja hinattavan laitteen erikoiskuljetukseksi katsottava yhdistelmä. Erikoiskuljetuksessa auton ja ajoneuvoyhdistelmän ei tarvitse täyttää ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen kääntyvyysvaatimuksia.

Erikoiskuljetusajoneuvoa tai -yhdistelmää ei saa hyväksyä käytettäväksi muihin kuin jakamattomien esineiden kuljetuksiin, ellei kyseinen ajoneuvo tai ajoneuvoyhdistelmä täytä autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista annetun liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen ja ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen säännöksiä.

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi voi myöntää ajoneuvon käyttöä koskevan poikkeusluvan esimerkiksi erikoiskuljetusajoneuvon, moottorityökoneen tai ajoneuvojen kuljetusajoneuvon massa- ja mittavaatimuksista. Ajoneuville voidaan hyväksyä enintään valmistajan sallimat akseli- ja kokonaismassat. Poikkeuslupa voidaan myöntää pääsääntöisesti sillä perusteella, että ajoneuvo ei erityisen käyttötehtävänsä vuoksi voi täyttää sille lainsäädännössä asetettuja vaatimuksia. Ylimassaisen ja joissakin tapauksissa ylimittaisen ajoneuvon käyttäminen tiellä vaatii lisäksi ELY-keskuksen luvan. Tehtävää hoitaa valtakunnallisesti Pirkanmaan ELY-keskus.

Katsastustoimipaikka voi hyväksyä rekisteriin merkittäväksi tiellä yleisesti sallittua suuremman leveyden erikoiskuljetuksiin tarkoitetuille ajoneuvoille. Ilman kuormaa kuljetettaessa ajoneuvon suurimmaksi leveydeksi saa hyväksyä enintään 2,80 metriä. Kuormaa varten kyseinen ajoneuvo saa olla kuitenkin levitettävissä enintään 3,20 metrin leveyteen. Puolustusvoimien erikoisajoneuvoista on annettu erilliset säädökset, joiden mukaan suurin sallittu leveys on 4,1 metriä, jos alkuperäinen rakenne tai käyttötarkoitus sitä välttämättä edellyttää (Puolustusministeriön asetus sotilasajoneuvoista 180/2006).

Ennen kuin rekisteriin merkittyä, tiellä yleisesti sallitut mitat ja massat ylittävää ajoneuvoa käytetään tieliikenteessä, tulee sen käyttöön olla erikoiskuljetuslupa, jollei



Euroopan talousalueeseen kuuluvassa valtiossa rekisteröidyille tai käyttöön otetuille ajoneuvoille annetuista sallituista mittoja koskevista määräyksistä muuta johdu.

Ei-luvanvaraisen erikoiskuljetuksen pituus voi olla puoliperävaunuyhdistelmässä enintään 30 metriä ja täysperävaunuyhdistelmässä enintään 27 metriä. Suurin kuljetusleveys voi olla 4,0 metriä ja korkeus 4,4 metriä. Leveys ja korkeus määräytyvät käytännössä kuorman perusteella.

Tiehallinto on määritellyt vuonna 2002 suurten erikoiskuljetusten tavoiteteieverkon ja siinä yhteydessä laatinut muistion täsmennetyistä tavoitearvoista ja mitoitusperusteista (Tiehallinto 2002). Erikoiskuljetustoimintaa tienpitäjän näkökulmasta on käsitelty myös aiheesta tehdyssä diplomityössä (Setälä 2003). Näissä selvityksissä esitettyjä mitoitusajoneuvoja ominaisuuksineen ja mittoineen on käsitelty myöhemmin liikenneyksiköiden perusarvoja koskevassa luvussa.

### Mitoitusajoneuvot ja ajoneuvoryhmät

Ajoneuvolainsäädännön perusteella tieliikenteen ajoneuvot voidaan jakaa taulukon 1 mukaisiksi mitoitusajoneuvoiksi. Kukin mitoitusajoneuvo edustaa taulukossa esitettyä ajoneuvoryhmää. Ajoneuvojen mittoja käsitellään tarkemmin luvussa 3.

Taulukko 1. Mitoitusajoneuvot.

Mitoitusajoneuvo	Ajoneuvoryhmä
Erikoiskuljetusajoneuvoyhdistelmä Ker	Tavallisimmat ei-luvanvaraisten erikoiskuljetusten ajoneuvoyhdistelmät
Moduuliyhdistelmä Kam	Varsinaisella perävaunulla, apuvaunulla (dolly) ja puoliperävaunulla sekä puoliperävaunulla ja siihen kytketyllä toisella puolittai keskiakseliperävaunulla varustetut yli 22 m pitkät kuorma-autot
Perävaunullinen kuorma-auto Kap	Varsinaisella perävaunulla, puoliperävaunulla ja keskiakseliperävaunulla varustetut kuorma-autot ( $\leq 22$ m)
Nivellinja-auto Lan	Enintään 25,25 m pitkät nivelrakenteiset linja-autot
Telilinja-auto Lat	Yli 13,5 m pitkät jäykkärunkoiset linja-autot
Linja-auto La	Tavalliset ( $\leq 13,5$ m) ja kääntyvyyden osalta myös nivelrakenteiset ja telilinja-autot sekä yli 8 m pitkät kuorma-autot ilman perävaunua
Kuorma-auto Ka	Kuorma-autot ( $\leq 8$ m), pienoislinja-autot, perävaunulliset henkilö- ja pakettiautot sekä traktorit perävaunuineen
Kunnossapito- ja pelastusajoneuvo Kpa	Kunnossapidon ja pelastustoimen erityisajoneuvot
Henkilöauto Ha	Henkilö- ja pakettiautot
Mopo Mo	Mopot
Polkupyörä Pp	Polkupyörät

## 2.3 Suunnittelu- ja mitoitusnopeus

Mitoitusnopeudella tarkoitetaan geometrinen minimielementtien määrittelyssä käytettävää nopeutta, jonka tulisi mahdollisimman hyvin ottaa huomioon ajoneuvojen todelliset, väylillä esiintyvät nopeudet. Todelliset nopeudet riippuvat pääasiassa nopeusrajoituksesta, liikenneolosuhteista, maankäytöstä, maastosta, poikkileikkauksesta jne. Mitoitusnopeuden oikea valinta on erittäin tärkeää, koska se vaikuttaa lähes kaikkiin ajodynaamisiin ja näkemiin liittyviin suunnitteluarvoihin. Mitoitusnopeus ei saa vaihdella jyrkästi. Käyttämällä tien elementtien mitoituksessa yhtenäistä mitoi-

tusnopeutta, pyritään tasalaatuihin suunnitteluun siten, että ajoneuvoa voi hyvissä sää- ja keliolosuhteissa turvallisesti kuljettaa ko. mitoitusnopeutta pienemmillä nopeuksilla (NVF 1976, Pursula 1988).

Pohjoismaisen tieteknisen liiton (PTL) suosituksen mukaan mitoitusnopeus tulee valita siten, että 85–90 % ajoneuvoista alittaa sen määrällä tiellä hiljaisen liikenteen aikana. Tällainen mitoittaminen on perusteltua vapaissa olosuhteissa. Monissa ohjeissa onkin annettu ohjearvona mitoitusnopeus  $v_{85}$ , joka tarkoittaa nopeutta, jonka 15 % tienkäyttäjistä ylittää (NVF 1976).

Mitoitusnopeus voidaan valita tulevan nopeusrajoituksen perusteella käyttäen hyväksi esimerkiksi olemassa olevia tietoja nopeuksien jakautumisesta eri nopeusrajoitusalueilla. Ajonopeuksiin vaikuttavat nopeusrajoituksen lisäksi mm. tien geometrinen standardi, autojen ominaisuudet, yleinen asennoituminen nopeusrajoituksiin jne. Siksi olemassa olevien teiden nopeusjakaumat eivät välttämättä ole samanlaisia, kuin suunnitteilla olevien ja tulevaisuudessa rakennettavien teiden jakaumat. Todellisiin nopeuksiin eriluokkaisilla teillä ja eri nopeusrajoitusalueilla perustuvat tiedot antavat kuitenkin paremman kuvan suunniteltavien teiden nopeuksista kuin pelkkä tieto nopeusrajoituksesta (VTT 1985).

## Suomi

Suuntauksen suunnittelua koskevassa ohjeluonnoksessa (Liikennevirasto 2011b) eritellään suunnittelunopeus ja mitoitusnopeus toisistaan. Suunnittelunopeus on yleensä sama kuin tien suunniteltu nopeusrajoitus. Mitoitusnopeudella tarkoitetaan suuntauksen geometrinen minimielementtien määrittelyssä käytettävää nopeutta, joka ottaa mahdollisimman hyvin huomioon ajoneuvojen todelliset tienopeudet. Mitoitus- ja suunnittelunopeuksien välinen yhteys on esitetty taulukossa 2.

*Taulukko 2. Suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksen mukainen mitoitusnopeuden valinta (Liikennevirasto 2011b).*

Suunnittelunopeus (km/h)	Mitoitusnopeus $V_{mit}$ (km/h)	
	Ohjearvo tai hyvä	Vähimmäisarvo tai tyydyttävä/välttävä
30	30	30
40	40	40
50	55	50
60	70	60
70	80	70
80	90	80
100	105	100
120	120	120

Kaupunkialueiden pääväylien suunnitteluohjeissa näkemä-, tasaus- ja linjausgeometriamitoitus perustuu hyvässä laatuluokassa nopeuteen  $v_{85}$ , jolloin liikenne on sujuvaa ja lähes kaikille kuljettajille voidaan varmistaa riittävät näkemät ja turvallinen tiegeometria. Tyydyttävässä ja välttävissä laatuluokassa voidaan mitoitusnopeus valita

vaativissa ympäristöolosuhteissa kohtuuttomien kustannusten välttämiseksi taulukon 3 mukaisesti samansuuruiseksi kuin nopeakrajoitus. Näin voidaan menetellä myös, kun muilla toimenpiteillä voidaan varmistaa suurimpien esiintyvien nopeuksien säilyminen nopeakrajoituksen suuruisena (Tielaitos, 1993).

*Taulukko 3. Kaupunkialueiden pääväylien mitoitussnopeuden valinta (Tielaitos,1993).*

Nopeakrajoitus (km/h)	Mitoitussnopeus (km/h)	
	Hyvä	tydyttävä/välttävä
50	50	50
60	70	60
70	80	70
80	90	80
100	105	100
120	120	120

Tasoliittymien suunnitteluohjeissa mitoitussnopeudet on määritelty nopeakrajoitukseen sidottuna eli samoin kuin pääväylät kaupunkialueilla -ohjeessa ja periaatteessa samoin kuin suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa. Nopeakrajoituksen suuruista mitoitussnopeutta käytetään maaseudun liittymien vähimmäisarvoisessa mitoituksessa, taajamien keskustateilla kaikilla laatuluokilla sekä muilla taajamaväylillä tyydyttävän ja välttävän arvoisella mitoituksella (Tiehallinto 2001).

Kevyen liikenteen suunnitteluohjeissa on määritelty mitoitussnopeudet myös pyöräilijöille ja jalankulkijoille. Pyöräilyn mitoitussnopeudet on esitetty taulukossa 4. Jalankulun mitoitussnopeudella on merkitystä liikennevalojen suunnittelussa ja liikenteen ohjauksen suunnittelussa, kuten liikennemerkkien sijainnissa sekä liittymien näkemäalueilla tiiviisti rakennetussa ympäristössä. Jalankulun mitoitussnopeuksina käytetään joko 1 m/ s (laatutaso hyvä) tai 1,4 m/s (laatutaso tyydyttävä). Liikennevaloissa mitoitussnopeutena käytetään 1,2 m/s.

*Taulukko 4. Pyöräiliikenteen mitoitussnopeudet (Tielaitos 1998)*

Pyöräiliikenteen verkko	Mitoitussnopeus (km/h)		
	Linja-osuus	Risteäminen auto-liikenteen kanssa	Pyöräiliikenteen keskinäinen risteäminen
Pääverkko <sup>1)</sup>	30	20	20
Alue- ja lähiverkko Ulkoilureitit	20	15	20

<sup>1)</sup> Tiiviisti rakennetuilla alueilla kuten kaupunkikeskustoissa voidaan pääverkon mitoitussnopeutena käyttää 20 km/h.

Mopoille ei ole nykyisin määritelty mitoitussnopeutta, vaikka mopoilla saa ajaa osalla kevyen liikenteen väylistä ja niiden suurin sallittu rakenteellinen nopeus on 45 km/h.

## Ruotsi

Ruotsalaisissa mitoitussnopeuksissa käytetään käsitettä viitenopeus (referenshastighet VR), joka on yleensä yhtä suuri kuin väylän nopeakrajoitus. Viitenopeutta käytetään

määritettäessä mm. näkemien minimiarvoja, suuntauksen kaarresäteiden ja pyörityskaarien minimisäteitä sekä liittymien tyyppejä ja minimietäisyyksiä. Sitä käytetään myös poikkileikkauksen valinnassa. Viitenopeuden valinnassa käytettävät vaihtoehdot on määritetty erikseen taajama- ja maaseutuolosuhteita varten. (Vägverket 2004)

Uuden nopeusrajoitusjärjestelmän takia myös viitenopeuskäsitettä on tarkistettu vuonna 2007. Maaseutuolosuhteissa (VR = 80...120 km/h) viitenopeuden valinta tehdään kansallisella tasolla tieliikennesuunnitteluun liittyen (vägtransportplaneringen). Viitenopeus otetaan huomioon myös tehtäessä päätöksiä nopeusrajoituksista (Vägverket 2007).

Taajamamitoituksessa otetaan huomioon ympäristön aiheuttamat paineet ja viitenopeuden valinnassa on taajamien päätieverkolle ja paikallisverkolle eri kriteerit. Mootoriajoneuvoille ovat vuoden 2004 ohjeen mukaan käytössä seuraavat viitenopeusarvot: Kävelynopeus, 30, 50/30, 50, 70/50, 70, 90 ja 110 km/h (arvo 50/30 tarkoittaa, että viitenopeudelle on kaksi vaihtoehtoa). Polkupyörille ja mopedeille käytetään arvoja 20 ja 30 km/h. (Vägverket 2004).

Mopoille ei ole erillistä viitenopeutta, mutta vain luokan 2 mopot (nopeus enintään 25 tai 30 km/h) saavat käyttää pyöriteitä. Luokan 1 mopot (maksiminopeus 45 km/h) saavat ajaa vain pientareella tai ajoradalla (GCM 2010).

## Norja

Norjalaisissa ohjeissa mitoitus perustuu mitoitusluokkiin (17 kpl). Mitoitusluokan määräävät tieluokka, liikennemäärä ja nopeusrajoitus. Kullekin mitoitusluokalle on määritetty kaikkien tärkeimpien mitoitustekijöiden raja-arvot. Näiden mitoitustekijöiden määrittelyssä käytettävä nopeus on pyritty valitsemaan siten, että 85 % ajoneuvoista alittaa vapaissa olosuhteissa kyseisen nopeuden (Statens vegvesen 2008c). Mitoitusnopeuden valintaan vaikuttavat myös useat olosuhteista määräytyvät tekijät, kuten liikennemäärä ja turvallisuustekijät. Muiden mitoitustekijöiden ohjearvojen valinnassa on otettu huomioon, että onnettomuuden todennäköisyys kasvaa liikennemäärän kasvaessa ja onnettomuuden vakavuus kasvaa nopeuden kasvaessa.

Vähimmäiskaarresäteen ja pysähtymismatkan laskennassa käytetään nopeusrajoitusta lisättynä nopeuslisällä ja kitkakertoimia, jotka saadaan jakamalla mitoittava kitka varmuuskertoimella taulukon 5 mukaisesti (Statens vegvesen 2008c).

Taulukko 5. Eri tieluokille määritettyjä mitoituksen lisätekijöitä

Tieluokka	Nopeuslisäys	Kitkan varmuuskerroin
Runkotiet alle 4000 ajon/vrk		
60 ja 80 km/h	5 km/h	1.25
90 km/h	10 km/h	1.50
Runkotiet yli 4000 ajon/vrk		
60 km/h	5 km/h	1.25
80 ja 90 km/h	10 km/h	1.50
100 km/h	15 km/h	1.75
Muut päätiet	pääasiassa kuten runkotiet	
Kokoojatie	0 km/h	1.10

Muita geometrisia arvoja laskettaessa otetaan huomioon, että autoilija käyttää isosäteisissä kaarteissa suurempaa nopeutta (nopeusprofiili) kuin yllä oleva laskennallinen nopeus. Taajamissa käytetään nopeusrajoituksia 30, 40 ja 50 km/h väylän verkollisesta asemasta riippuen. Tarkempia kuvauksia taajamien mitoitusnopeuksista ei ohjeissa ole. Pyöräilijöille käytetään mitoitusnopeuksia 25–30 km/h. Mopojen nopeusrajoitus on 45 km/h, mutta mitoitusnopeudesta tai tarkemmista mitoituselementeistä ei ole erillisiä ohjeita.

## Tanska

Tanskalaisissa ohjeissa mitoitusnopeutta vastaa termi toivottu nopeus ( $\text{\O}nsket hastighed V_{\text{\O}}$ ). Nopeus  $V_{\text{\O}}$  on sama tai pienempi kuin tielle tuleva nopeusrajoitus. Sitä käytetään mitoitettaessa ja valittaessa niitä elementtejä, joiden mitoitus perustuu mukavuussyihin. Tällaisia ovat esimerkiksi minimikaarresäteet ja klotoidin minimiparametrit. Kun mitoitetaan turvallisuuteen vaikuttavia elementtejä, kuten näkemiä, lisätään toivottuun nopeuteen 20 km/h aina nopeuteen 110 km/h asti. Jos esimerkiksi rakennetun ympäristön vuoksi joudutaan käyttämään normaalia alhaisempaa tasoa mitoituksessa, voidaan mitoitusnopeutena käyttää nopeutta  $V_{85}$ , jonka 85 % tiellä liikkujista alittaa. Taulukossa 6 on esitetty Tanskassa käytetyt nopeusluokat ja niitä vastaavat toivotut nopeudet (Vejdirektoratet 2008a).

Taulukko 6. Tanskalaiset nopeusluokat ja toivotut nopeudet  $V_{\text{\O}}$  (Vejdirektoratet 2008a).

Nopeusluokka	Nimitys	$V_{\text{\O}}$
Korkea	H+	120–130 km/h
	H	90–110 km/h
Keskimääräinen	M+	80 km/h
	M	60–70 km/h
Matala	L+	40–50 km/h
	L	30 km/h

Tanskan taajamia koskevissa suunnitteluohjeissa polkupyörien mitoitusnopeudeksi määritetään 25 km/h ja rekisteröimättömien mopojen 30 km/h, kun risteyksen ajosuunnalla ei ole väistämisvelvollisuutta. Kun risteyksen ajosuunnassa on väistämisvelvollisuus, on mitoitusnopeus 10 km/h.

## Saksa

Saksalaisissa ohjeissa mitoitus perustuu suunnittelunopeuteen  $v_e$  ja nopeuteen  $v_{85}$ , jonka 85 % vapaasti liikkuvista henkilöautoista tulisi märällä tiellä alittaa. Suunnittelunopeutta  $v_e$  käytetään mitoitettaessa esimerkiksi minimikaarresäteitä, klotoidin minimiparametreja, maksimipituuskaltevuuksia ja minimipyöristysäteitä. Nopeutta  $v_{85}$  käytetään pääasiassa maaseutualueiden teillä mitoitettaessa mm. tien sivukaltevuuksia kaarteissa, vaadittavia pysähtymisnäkemiä sekä tarvittavia ohitusnäkemiä.

Suunnittelunopeus  $v_e$  valitaan tieluokan mukaan valmiista taulukosta. Nopeus riippuu halutusta matkanopeudesta, maasto-olosuhteista sekä ympäristöstä ja on yleensä enintään nopeusrajoituksen suuruinen tai pienempi. Nopeus  $v_{85}$  riippuu maaseutu-

väylillä tien kaarteisuudesta ja ajoradan leveydestä. Ohjeissa on määrittäysperusteet, miten nopeus  $v_{85}$  määritetään eri suunnittelunopeuksille  $v_e$  eri tilanteissa.

Esimerkiksi maaseutuymäristössä olevilla 2-ajorataisilla pääteillä (luokka A) nopeus  $v_{85}$  riippuu nopeudesta  $v_e$  seuraavasti

$$v_{85} = v_e + 10 \text{ km/h} \quad (v_e \geq 100 \text{ km/h})$$

$$v_{85} = v_e + 20 \text{ km/h} \quad (v_e < 100 \text{ km/h})$$

Kaupunkien lähialueiden pääteillä (B I ja B II)  $v_{85}$  -nopeus on suunnittelunopeuden suurin. Alemmalle tie- ja katuverkolle (luokat B III-IV ja C, D, E) ei  $v_{85}$  -nopeutta määritetä. Moottoriteillä ei käytetä  $v_e$  ja  $v_{85}$  -nopeuksia, vaan mitoitus tehdään kaikilta osin yhdellä mitoitusnopeudella (130, 120, 100 tai 80 km/h) tien nopeustasosta riippuen.

### Tilastotietoja ajoneuvojen nopeuksista

Suomessa ajoneuvojen nopeustietoja saadaan kattavimmin liikenteen automaattisten mittausasemien (LAM ja SIMI) avulla. Taulukossa 7 on esitetty viimeisimmät kesäkauden nopeushavainnot eri tieluokan ja nopeusrajoituksen omaavilla teillä (Liikennevirasto 2011c). Havaintojen määrät eri ryhmissä vaihtelevat ollen pääteillä välillä 5-55 milj. ajon., seututeillä 0,5-1,9 milj. ajon. ja yhdysteillä 0,2 - 1,5 milj. ajon.

*Taulukko 7. Kaikkien autojen sekä henkilö- ja pakettiautojen mediaani- ja  $v_{85}$ -nopeudet LAM- ja SIMI-laskennoissa vuonna 2010.*

Tieluokka	Nopeusrajoitus (km/h)	Mediaani (km/h)		$V_{85}$ (km/h)	
		kaikki autot	henkilö- ja pakettiautot	kaikki autot	henkilö- ja pakettiautot
Moottoritiet	80	83,2	85,5	89,1	89,2
	100	97,1	100,7	104,3	113,2
	120	104,4	106,6	124,4	124,6
Muut 2-ajorataiset pääteet	60	61,6	61,7	68,7	68,7
	70	70,8	70,8	74,1	74,1
	80	76,5	76,6	84,0	84,1
	100	96,4	97,0	104,0	104,1
1-ajorataiset päätiet	60	61,7	61,6	64,4	64,4
	70	66,1	66,1	69,3	69,2
	80	80,8	80,8	84,1	84,1
	100	96,5	97,3	104,0	104,1
Seututiet*	40	45		53	
	50	52		61	
	60	62		71	
	80	74		87	
Yhdystiet	40	52,2	52,2	64,0	64,0
	50	60,0	60,0	73,0	74,0
	60	63,0	63,0	75,0	75,0
	80	59,0	59,0	74,0	74,0

\*) Seututeiden nopeusarvot on arvioitu yleisen liikennelaskennan mittausten perusteella eikä niissä ole eroteltu kesä- ja talvikausien eikä henkilö- ja pakettiautojen nopeushavaintoja.

Verrattaessa nopeuksia aiempien vuosien vastaaviin nopeuksiin, voidaan todeta, että nopeudet eivät ole juurikaan muuttuneet 1990 luvun alun jälkeen. Taulukon perusteella mediaaninopeus on useimmissa tilanteissa nopeakrajoituksen suuruinen ja  $v_{85}$ -nopeus on vastaavasti noin 4–5 km/h suurempi kuin tien nopeakrajoitus. Poikkeuksena ovat vähäliikenteiset 40–60 km/h yhdystiet, joilla mitatut nopeudet ylittävät nopeakrajoituksen selvästi. Näillä teillä nopeakrajoitus on useimmiten alennettu liikenneturvallisuuden takia.

### Suositus

Mitoituksen lähtökohtana suositellaan käytettäväksi edelleen kahta nopeakkäsitettä, jotka ovat suunnittelu- ja mitoitusnopeus.

Suunnittelunopeus on hankekohtaisessa suunnittelussa käytettävä nopeus. Sen ja laatuluokituksen perusteella määritetään suunnitteluohjeissa eri suunnittelulementtien sallitut vähimmäis- ja enimmäisarvot sekä mahdolliset suositeltavat arvot. Suunnittelunopeus ei saa olla pienempi kuin tielle suunniteltu nopeakrajoitus.

Mitoitusnopeus on ajodynaamisen mitoituksen perusteena oleva nopeus, jonka avulla varmistetaan lähes kaikille kuljettajille riittävät näkemät ja turvallinen tiegeometria. Mitoitusnopeus on hyvässä laatutasossa  $v_{85}$  -nopeus, jolla tarkoitetaan nopeutta, jonka alittaa 85 % kuljettajista. Tyydyttävällä laatutasolla mitoitusnopeus on vastaavasti mediaaninopeus ( $v_{50}$ ). Suunnittelunopeuden ollessa alle 50 km/h, mitoitusnopeudella ei ole erillistä merkitystä, vaan se on suunnittelunopeuden suuruinen. Mitoitusnopeus on em. perusteilla aina joko yhtä suuri tai suurempi kuin suunnittelunopeus. Mitoitusnopeus ei kuitenkaan saa olla merkittävästi suurempi kuin tuleva nopeakrajoitus.

Suunnittelunopeus ehdotetaan hankekohtaisessa suunnittelussa valittavaksi tien verkollisen aseman ja tielle suunnitellun nopeakrajoituksen perusteella. Siihen vaikuttavat tieluokan ja poikkileikkauksen lisäksi ainakin ympäröivä maankäyttö.

Mitoitusnopeus ehdotetaan valittavaksi ensisijaisesti suunnittelunopeuden perusteella. Hyvässä laatuluokassa se on yleensä suurempi kuin suunnittelunopeus, jolloin varmistetaan riittävä turvallisuus ikääntyville autoilijoille sekä myös lieviä ylinopeuksia ajaville autoilijoille. Tyydyttävässä laatuluokassa mitoitusnopeus on sama kuin suunnittelunopeus. Taulukossa 8 on ehdotus mitoitusnopeuden määrittämisestä.

Taulukko 8. Ehdotus mitoitusnopeuden määrittämisestä.

Suunnittelunopeus (km/h)	Mitoitusnopeus $V_{mit}$ (km/h)	
	Hyvä laatutaso	Tyydyttävä laatutaso
30	30	30
40	40	40
50	55	50
60	65	60
70	75	70
80	85	80
100	105	100
120	125	120

Kevyen liikenteen suunnittelu- ja mitoitusnopeuksina voidaan jalankulkijoiden osalta käyttää joko 1,0 (hyvä) tai 1,4 m/s (tydyttävä). Liikennevalosuunnittelussa jalankulkijoiden mitoitusnopeutena käytetään 1,2 m/s. Pyöräliikenteen suunnittelu- ja mitoitusnopeudet ovat taulukon 4 mukaiset kuitenkin siten, että mopoille sallituilla väylillä käytetään linjaosuuksilla mitoitusnopeutena aina 45 km/h.

### Perustelut

Mitoituksessa käytettävät nopeuskäsitteet on suomalaisissa ja ulkomaisissa ohjeissa määritetty osittain toisistaan poikkeavilla tavoilla ja erilaisia termejä käyttäen. Käytännössä on kuitenkin päädytty varsin yhdenmukaisiin määrittelyihin, joilla pyritään varmistamaan toisaalta tien tasalaatuisuus ja toisaalta turvallinen liikenneympäristö. Vaikka mitoitusnopeus on aiemmissa ohjeissa ollut hankekohtaisen suunnittelun apuväline, on se uusimmissa ohjeissa ja ohjeluonnoksissa sisällytetty käsitteisiin suunnittelunopeus ja laatuluokitus.

Suunnittelu- ja mitoitustilanteissa ja tarkempia mitoitusarvoja valittaessa on usean vaihtoehdoisen nopeuskäsitteen käyttö yhdessä eri laatuluokkien kanssa johtanut ainakin alkuvaiheessa silloin tällöin epäselviin tulkintoihin, jolloin alkuperäinen tavoite tasalaatuisuudesta ja turvallisuudesta on voinut vaarantua.

Mitoitusnopeutena hyvässä laatutasossa käytettävä  $v_{85}$ -nopeus on tehtyjen mittaus-ten perusteella useimmissa tilanteissa noin 4 - 5 km/h suurempi kuin tien nopeusrajoitus. Tyydyttävässä laatutasossa käytettävä mediaaninopeus on useimmissa tilanteissa nopeusrajoituksen suuruinen.

Kevyen liikenteen väylille ei ole erikseen määritelty nopeusrajoitusta (aluerajoituksia lukuun ottamatta), jolloin nopeusrajoitusta ei voida käyttää suunnittelu- ja mitoitusnopeuksien lähtökohtana. Suunnittelu- ja mitoitusnopeus esitetään säilytettäväksi nykyisenä. Mopojen nopeustaso on kuitenkin selvästi polkupyörien tasoa korkeampi, jolloin niille sallituilla väylillä mitoitusnopeuden on syytä olla polkupyöräliikenteen mitoitusnopeutta suurempi.

## 2.4 Laatuluokitus

Liikenneväylien kulkukelpoisuutta, turvallisuutta, palvelutasoa, ulkonäköä ja viihtyisyyttä arvioidaan geometrisessa suunnittelussa normaalisti tarkastelemalla yksittäisiä suunnitteluelementtejä kuten kaarre- ja pyöristyssäteitä, pituuskaltevuuksia, poikkileikkauksia jne. Suunnitteluohjeissa mitoitusperusteiden perusarvot on tämän vuoksi jaettu liikenneteknisen vaikutuksensa perusteella tarvittaessa kahteen tai kolmeen eri laatuluokkaan. Näiden laatuluokkien määritykset ja käyttöperiaatteet eivät ole yhtäläiset eri aikoina tehdyissä ohjeissa.

Muissa maissa laatuluokitus on selkeästi käytössä ainoastaan Ruotsissa. Norjassa sekä osin myös Tanskassa ja Saksassa laatuajattelu on kytketty jossain määrin käytettäviin tieluokkiin esimerkiksi niille sallittujen nopeustasojen tai mitoitusarvojen avulla.

### Suomi

Maaseututeiden suuntauksen ja poikkileikkauksen suunnittelun ohjeluonnoksissa sekä liittymien suunnittelun ohjeissa erilaiset minimi- ja maksimiarvot on esitetty oh-



jearovina ja vähimmäis- tai enimmäisarvoina. Ohjearvot määräytyvät mm. turvallisuuden, tienkäyttäjän ajomukavuuden sekä liikenteen joustavuuden perusteella. Vähimmäis- tai enimmäisarvoja käytetään mm. kohtuuttomien kustannusten välttämiseksi esim. tietä paikallaan parannettaessa. Taajamaväylien ja kevyen liikenteen väylien suunnitteluohjeissa on yleensä käytetty kolmea laatuluokkaa: hyvä, tyydyttävä ja välttävä.

Laatuluokituksen määritelmät ovat vaihdelleet jonkin verran, mutta tien suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa (Liikennevirasto 2011b) laatuluokitus on kuvattu taulukon 9 mukaisesti.

*Taulukko 9. Perusarvojen laatuluokituksen kuvaukset (Liikennevirasto 2011b).*

Mitoitusperusteen perusarvo tai suuntauselementin arvo	Kuvaus
Ohjearvo Hyvä	Mitoitusperusteen ohjearvon tai taajamaympäristössä hyvän arvon perusteella mitoitettulla tiellä voi liikenne edetä joustavasti ja turvallisesti, jos myös muiden mitoitusperusteiden arvot on valittu ohjearvon tai hyvän arvon mukaan.
Vähimmäisarvo Enimmäisarvo Tyydyttävä	Mitoitusperusteiden vähimmäis-, enimmäis- tai taajamaympäristössä tyydyttävien arvojen mukaan mitoitettulla tiellä joutuu ajoneuvon kuljettaja keskittymään enemmän ajosuoritukseen. Kuljettajaan sekä muihin matkustajiin kohdistuu suurempia voimavaikutuksia kuin ohjearvojen tai hyvien arvojen mukaisesti mitoitettulla tiellä.
Välttävä	Mitoitusperusteiden välttävien arvojen mukaisesti mitoitettulla tiellä joutuu ajoneuvon kuljettaja reagoimaan nopeasti liikennetilanteisiin. Linja-autossa seisovien matkustajien onnettomuusriski on olemassa.

Suomessa maaseutuohjeiden elementtien ohjearvot vastaavat määritelmän mukaan taajamamitoituksen hyvää laatuluokkaa ja vähimmäisarvot tyydyttävää laatuluokkaa.

## Ruotsi

Laatutasokäsite (standardbegrepp) on esitelty ruotsalaisissa ohjeissa omana lukuun (VGU, Dimensioneringsgrunder, luku 5). Laatukäsite on luotu osoittamaan mahdollisimman hyvin, miten tietty tekninen ratkaisu täyttää yleiset liikennepoliittiset osatavoitteet. Tarkasteltavat osatavoitteet ovat seuraavat:

- Saavutettava kuljetusjärjestelmä
- Korkea kuljetuslaatu
- Turvallinen liikenne
- Hyvä ympäristö
- Myönteinen alueellinen kehitys
- Tasapuolinen kuljetusjärjestelmä

VGU:ssa käytetyt standardiluokat on valittu siten että toimenpiteet olisivat kustannustehokkaita. Käytettävissä olleen tiedon tason mukaan luokat ovat enemmän tai vähemmän hyvin perusteltuja. Tarkempia määrittelyjä käytetyistä menettelyistä ei ohjeista löydy.

Hyvä standardi: Tavoitteet täyttyvät hyvin ja rakennettaessa uutta tietä keskimääräisillä kustannustasolla rakentaminen on kustannustehokasta.

Vähemmän hyvä standardi: Tavoitteet täyttyvät tyydyttävästi. Rakentaminen on kustannustehokasta uudella tiellä hankalissa olosuhteissa sekä nykyisen tien parantamisessa, kun hankkeella on suuret vaikutukset (intrång) ja korkeat rakennuskustannukset.

Matala standardi: Tavoitteet täyttyvät matalalla mutta hyväksyttävällä tasolla. Käytetään hankalassa olosuhteissa uuden rakentamisessa sekä nykyisen tien parantamisessa, kun hankkeella on suuret vaikutukset (intrång) ja korkeat rakennuskustannukset. Hankkeen elinkaari voi olla lyhyt.

## Norja

Norjassa ei käytetä laatuluokitusta Ruotsin tapaan. Maaseudun tiet jaetaan luokkiin toiminnallisen tehtävän mukaan (runkotiet, muut päätiät, kokoojatiet ja yhdystiet). Jakoperusteina käytetään lisäksi nopeusrajoitusta sekä liikennemäärää. Alemmat toiminnalliset luokat jaetaan myös ympäristön mukaan. Erilaisia luokkia on yhteensä 17. Taajamateillä on lisäksi oma toiminnallinen luokituksensa.

Kullekin mitoitusluokalle on määritetty tärkeimmät mitoituselementtien geometriset mitoitusarvot tai niiden vähimmäis-/enimmäisarvot. Liikennemäärän ollessa pieni voidaan käyttää pienempiä geometrisia mitoitusarvoja, mikä ainakin osin kuvaa erilaista laatutasovaatimusta.

## Tanska ja Saksa

Tanskalaisissa ja saksalaisissa ohjeissa ei käytetä laatuluokitusta. Tarvittavat erilaiset mitoitustilanteet määräytyvät tieluokituksen ja nopeustasojen kautta.

## Suositus

Taulukossa 10 on ehdotus käytettäväksi laatuluokitukseksi ja sen luokkien kuvauksiksi.

*Taulukko 10. Suositus laatuluokitukseksi ja sen luokkien kuvauksiksi.*

Laatuluokka	Kuvaus
<b>Hyvä</b> Ohjearvo	Mitoitusperusteen hyvän tai ohjearvon perusteella mitoitetulla tiellä liikenne voi edetä turvallisesti, joustavasti ja mukavasti, jos myös muiden mitoitusperusteiden arvot on valittu samoilla periaatteilla.
<b>Tyydyttävä</b> Vähimmäisarvo Enimmäisarvo	Mitoitusperusteiden tyydyttävän, vähimmäis- tai enimmäisarvon perusteella mitoitetulla tiellä liikenne voi edetä turvallisesti, mutta ajoneuvon kuljettaja joutuu keskittymään enemmän ajosuoritukseen. Kuljettajaan ja muihin matkustajiin kohdistuu suurempia voimavaikutuksia kuin hyvien tai ohjearvojen mukaisesti mitoitetulla tiellä.

Hyvä laatuluokka edellyttää, että kaikki mitoitusperusteiden perusarvot ovat ohje-arvoisia. Tyydyttävässä laatuluokassa voidaan käyttää mitoitusperusteiden vähimmäisarvoja tai enimmäisarvoja, mutta tällöin on kuitenkin varottava useamman eri vähimmäis-/enimmäisarvon käyttämistä samalla tienkohdalla.

Lisäselvennyksenä on määriteltävä, että alemman laatuluokan alittavilla ratkaisulla ajoneuvon kuljettaja joutuu reagoimaan nopeasti liikennetilanteisiin, mikä saattaa vaarantaa kuljettajan, matkustajien tai muiden tienkäyttäjien turvallisuutta. Näitä voidaan tehdä vain poikkeustilanteissa, mutta ratkaisu on tällöin aina perusteltava erikseen ja sen turvallisuus on varmistettava.

### **Perustelut**

Laatuluokituksen käytöllä suunnittelu- ja mitoitusperusteiden ja niiden perusarvojen ohjeistuksessa on sekä hyviä että huonoja puolia. Hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että sen avulla voidaan selkeästi määritellä eri laatutasojen minimivaatimukset suunniteltaville teille ja liittymille. Koska käytännössä hyvään laatutasoon ei aina ole mahdollista päästä, voidaan alemmilla laatuluokilla taata kuitenkin hyvää laatutasoa alempi, mutta hyväksyttävissä oleva ratkaisu.

Laatuluokituksen käytön vaarana on se, että ohjeita käyttävällä suunnittelijalla on valittavanaan useampia suunnitteluelementtien minimi- tai maksimiarvoja, jolloin väärän valinnan riski kasvaa. Tämä korostuu etenkin silloin, kun valinnalle ei ole määritetty yksiselitteisiä periaatteita tai valittavia vaihtoehtoja on enemmän kuin kaksi. Laatuluokituksesta käytettävillä nimityksillä (esimerkkeinä ohje-arvo ja vähimmäisarvo tai hyvä, tyydyttävä ja välttävä sekä ruotsalainen käytäntö hyvä, vähemmän hyvä ja matala) on myös merkitystä arvojen tulkinnassa ja käytössä.

Suosituksena on, että käytettäisiin kahta laatuluokkaa. Näistä hyvä laatuluokka perustellaan siten, että valtaosa tienkäyttäjistä (noin 85 %) pystyy sen puitteissa toimimaan turvallisesti, joustavasti ja mukavasti suunnitellulla tavalla. Toinen, alempi laatuluokka voidaan perusteella sillä, että turvallisuudesta ei vielä tingitä, mutta joustavuudesta tai mukavuudesta voidaan tinkiä esimerkiksi suurten kustannusten tai hankalien olosuhteiden takia. Tarkemmassa määrittelyssä otetaan huomioon ne mitoitus tekijät, joihin laatuluokitusta suositellaan sovellettavaksi.

Tiettyjä mitoitusperusteita (esim. kitkakertoimen maksimiarvo, silmäpisteen korkeus) ei ole perusteltua jakaa laatuluokkiin, koska se johtaa muiden mitoitus tekijöiden laatuluokituksen takia liian suuriin eroihin eri laatutasojen välillä.

Kolmiportaista laatuluokitusta on tarve käyttää vain poikkeustapauksissa. Tärkeimmissä turvallisuutta koskevissa tekijöissä tyydyttävän laatuluokan mukaista arvoa on pidettävä ehdottomana minimi- tai maksimiarvona. Joustavuutta ja mukavuutta koskevissa mitoitus tekijöissä tyydyttävän laatuluokan raja-arvo voidaan alittaa, mutta tällöinkään ohjeistuksessa ei kannata määrittää ehdotonta minimiarvoa, koska se ohjaa liian helposti tarpeettoman huonoon tai alimittaiseen mitoitukseen.

## 3 Liikenneyksiköiden perusarvot

### 3.1 Ajoneuvoyhdistelmät

Ajoneuvoyhdistelmillä tarkoitetaan eri tavalla muodostettuja moduuliyhdistelmiä sekä muita varsinaisella perävaunulla, puoliperävaunulla tai keskiakseliperävaunulla varustettuja kuorma-autoja. Moduuliyhdistelmä voidaan muodostaa EU-mittaisista vetoautoista ja perävaunuista. Suomessa moduuliyhdistelmälle sallitaan asetusten sallimissa rajoissa vapaa mitoitus akseli- ja telirakenteiden osalta.

Ajoneuvoyhdistelmiä käytetään erityisesti liittymien, pysäköintialueiden ja tavaraterminaalien mitoituksessa. Suuntauksen suunnittelussa niitä käytetään teiden pienisäteisten kaarteiden kaarrelevennyksiä mitoittaessa. Ne mitoittavat linja-autojen ohella suurimmat sallitut pituuskaltevuudet teiden linjaosuuksilla ja liittymissä. Näiden ajoneuvojen tilantarve kaarteissa ajettaessa riippuu mm. akselien määrästä ja sijainnista sekä vetoauton ja perävaunun nivelkohtien järjestelyistä. Yksityisteiden liittymien mitoituksessa ajoneuvoyhdistelmät tulevat kyseeseen mitoitus- tai tarkistusajoneuvoina liittymän käyttötarpeen mukaan.

Taulukossa 11 on esitetty mitoittavien ajoneuvoyhdistelmien tärkeimmät mitat Pohjoismaissa ja Saksassa. Ajotilan leveydet on ilmoitettu tilanteessa, jossa ajoneuvoyhdistelmä liikkuu  $R_k$ -säteistä ympyrän kaarta etuakselin keskipisteellä seuraten.

Taulukko 11. Mitoittavien ajoneuvoyhdistelmien päämitat ja laskennalliset ajotilan leveydet (m) Pohjoismaissa ja Saksassa.

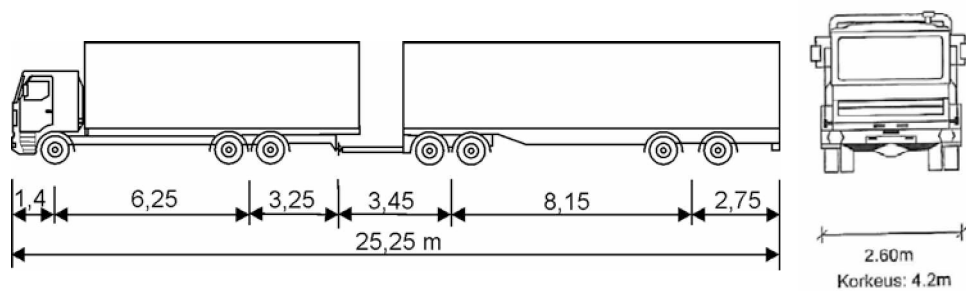
Mitta (m)	Moduuliyhdistelmä		Muu perävaunullinen kuorma-auto				
	Suomi	Ruotsi	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska	Saksa
Pituus	25,25	25,25	22,00	24,00	22,00	18,75	18,71
Leveys	2,60	2,60	2,60	2,55	2,60	2,55	2,50
Korkeus	4,20	4,50	4,20	4,50		4,00	4,00
Ajotila, $R_k=12$ m	9,1 <sup>1)</sup>	7,9 <sup>1)</sup>	6,9	9,7	8,1	6,3	5,0
Ajotila, $R_k=10$ m	11,9 <sup>1, 2)</sup>	10,3 <sup>1)</sup>	8,4	- <sup>2)</sup>	10,8	7,4	5,6

Ajotila-arvoissa ei ole huomioitu koripöyristyksiä ja ne on ilmoitettu täysin kehittyneessä tilanteessa (ajouran maksimileveys).

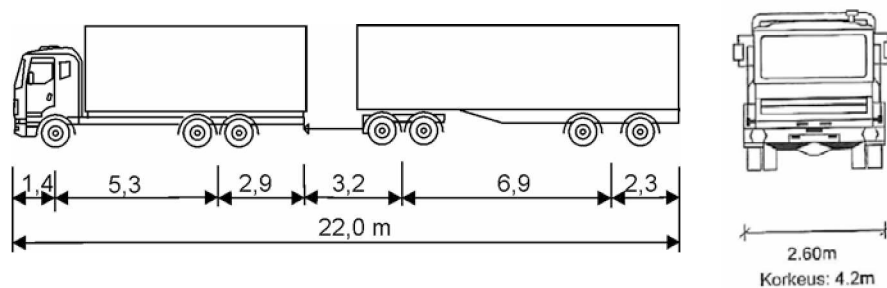
- 1) Moduuliyhdistelmien on täytettävä ympyränkaarta pitkin kulkiessaan uloimman etukulman ja sisäsivun osalta EU-kääntövyysääntö 12.5/2,0 m.
- 2) Perävaunun taka-akselisto peruuttaa tai pysyy paikallaan.

#### Suositus

Ajoneuvoluokkaa edustava ja tilantarpeeltaan kääntövyysääntövaatimuksen 12,5/2 m mukainen moduuliyhdistelmä on esitetty kuvassa 2 ja toisena mitoitusajoneuvona käytettävä kääntövyysääntö 12,5/5 m mukainen 22 metrin perävaunullinen kuorma-auto kuvassa 3. Ajoneuvojen leveydet ovat 2,6 m ja korkeudet 4,2 m.



Kuva 2. Moduuliyhdistelmä.



Kuva 3. Perävaunullinen kuorma-auto.

### Perustelut

Mitoitusajoneuvot vastaavat voimassa olevaa lainsäädäntöä. Kahden eri ajoneuvon määrittely on vielä tarpeen, koska moduulirekka vaatii selvästi enemmän tilaa kuin perinteinen perävaunullinen kuorma-auto. Moduuliajoneuvo vaatii enemmän tilaa liittymissä ja tielinjan pienisäteisissä kaarteissa kuin perinteiset raskaat ajoneuvoyhdistelmät. Moduuliajoneuvon tehdessä liittymässä 90° käynnöksen oikealle, kulkee perävaunun oikea takapyörä noin 1,0 m lähempänä tien reunaa kuin 22 metrisellä ajoneuvoyhdistelmällä, kääntösäteiden ollessa samat.

Auton ja varsinaisen perävaunun enintään 22 metriä pitkää yhdistelmää koskeva kääntövyysääntö on poistettu vuoden 2012 alusta alkaen lainsäädännöstä. Jos ajoneuvoyhdistelmien suurimpia sallittuja massoja nostetaan nykyistä 60 tonnia suuremmiksi ja yhdistelmätyyppi jää pois mm. puukuljetuksista, tulee harkita yhteen mitoitusajoneuvon siirtymistä.

Useampien mitoitusajoneuvoyhdistelmien määrittäminen ei ole tarpeen, koska perävaunullisen kuorma-auton tilantarve kattaa myös mm. puoliperävaunullisten kuorma-autojen tarvitseman tilan käännoksissä. Moduulirekkaa suuremmat erikoiskuljetusajoneuvot käsitellään erikseen luvussa 4.4.

## 3.2 Linja-autot

Linja-autoja käytetään mitoitusajoneuvoina liittymä-, pysäkki- ja terminaalialueita suunniteltaessa sekä joukkoliikenteen näkemiä ja niitä vastaavaa tietasausta taajama-alueille suunniteltaessa. Linja-auto mitoittaa myös ajoradan linjaosuuden ja liittymäkohtien suurimman sallitun pituuskaltevuuden. Telilinja-auto mitoittaa joukko-

liikenteen tarvitsemat pienisäteisten kaarteiden kaarrelevitykset ja minimikääntösäteensä perusteella kiertoliittymien kiertosaarekkeen minimihalkaisijan. Joukkoliikenneajoneuvojen tilantarve vaihtelee mm. ajoneuvotyypistä, akselien sijainnista ja määrästä sekä korimitoituksesta riippuen.

Taulukossa 12 on esitetty mitoittavien linja-autojen tärkeimmät mitat ja ajotilan leveydet Pohjoismaissa ja Saksassa. Ajotila on ilmoitettu ajouran leveytenä linja-auton liikkeessä  $R_k$ -säteistä ympyrän kaarta etuakselin keskipisteellä seuraten.

*Taulukko 12. Mitoittavien linja-autojen päämitat ja ajotilan leveydet (m) Pohjoismaissa ja Saksassa.*

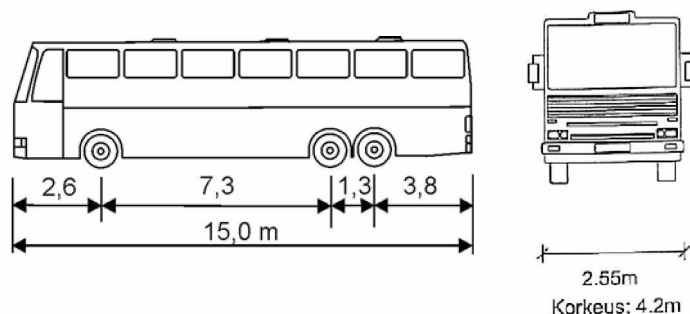
Mitta (m)	Telilinja-auto				Linja-auto			
	Suomi	Ruotsi	Norja	Saksa	Suomi	Ruotsi	Tanska	Saksa
Pituus	15,00	15,00	15,00	15,00	13,50	13,00	13,70	12,00
Leveys	2,55	2,55	2,55	2,50	2,55	2,55	2,55	2,50
Korkeus	4,20	3,90		3,70	4,20	3,20	4,00	3,70
Ajotila, $R_k=13$ m	6,1	6,20	6,69	6,10				
Ajotila, $R_k=12$ m					6,21	5,87	5,41	5,34
Ajotila, $R_k=11$ m	6,8	6,85	7,43	6,74				
Ajotila, $R_k=10$ m					6,98	6,53	5,96	5,88

Ajotila-arvoissa ei ole huomioitu koripyyörityksiä ja ne on ilmoitettu ajouran maksimileveyksinä.

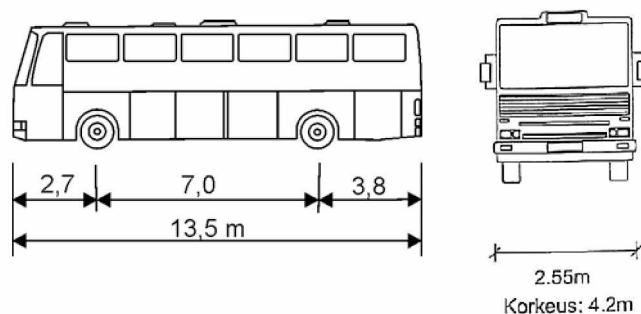
Muina mitoittavina linja-autoina voivat tulla kyseeseen yksiniveliset nivellinja-autot (pituus 18,0 - 18,75 m) ja useampiniveliset linja-autot (pituus 24 - 25,25 m).

### Suositus

Ajoneuvoluokkaa edustava ja tilantarpeeltaan kääntyvyysääntövaatimuksen 12,5/5,3 m sekä takakulman sivusiirtymävaatimuksen 0,6 m mukainen, takatelin pakko-ohjatulla taaimmaisella akselilla varustettu telilinja-auto on esitetty kuvassa 4 ja toisena mitoitusajoneuvona käytettävä 13,5 metrin kaksiakselinen linja-auto on esitetty kuvassa 5. Ajoneuvojen leveydet ovat 2,55 m ja korkeudet 4,2 m. Linja-autopysäkkien ja terminaalien mitoituksessa voidaan näiden lisäksi käyttää kokonaispituudeltaan enintään 18,75 metrin pituista nivellinja-autoa ja 25,25 metrin pituista useampinivelistä linja-autoa.



*Kuva 4. Telilinja-auto.*



Kuva 5. Linja-auto.

### Perustelut

Mitoittavat linja-autot vastaavat voimassaolevaa lainsäädäntöä. Kahden eri mitoitusajoneuvon määrittely on tarpeellista, koska telilinja-autoja ei käytetä kaikilla julkisen liikenteen reiteillä.

Kolmantena mitoitusajoneuvona voidaan tarkastella nivellinja-autoa, jonka suurin sallittu pituus on yksinivelisenä 18,75 metriä. Sen tilantarve käännettäessä ei ole suurempi kuin tavallisella 13,5 m pitkällä linja-autolla. Sitä voidaan käyttää pysäkkipituuksia, kaistanvaihtopituuksia sekä terminaalialueita mitoitettaessa. Muuten erillistä tyyppiajoneuvoa mittoineen ja kääntyvyysominaisuuksineen ei ole tarve esittää.

Useampinivelistä yli 18,75 metriä pitkää linja-autoa ei ole käytetty Suomessa liikenteessä kuin koeluonteisesti, ja viimeaikaisessa Jokerilinjaa koskevassa selvityksessä se todettiin kokonaiskustannuksiltaan epätaloudelliseksi ratkaisuksi. Käytännössä se voisi tulla kyseeseen vain erittäin kuormitetuilla linjoilla, jolloin linjojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös ajoneuvotyypin vaatima tilantarve pysäkeillä, terminaalialueilla ja kaistanvaihtoissa.

## 3.3 Kuorma- ja henkilöautot sekä kunnossapito- ja pelastusajoneuvot

Kuorma-autoa käytetään mitoitusajoneuvona moduuliyhdistelmää useammin yksityisten teiden, kokoojakatujen sekä asuntoalueiden tonttikatujen liittymiä mitoitettaessa sekä teiden poikkileikkauksia suunniteltaessa. Mitoituksen perustana käytetty 8 m pitkä kuorma-auto edustaa mitoiltaan kunnossapitotöissä yleisesti käytettyä autokalustoa. Suurempien kuorma-autojen tarvitsema tila on mitoitettava linja-autotyyppien avulla.

Henkilöautoa käytetään tavallisimmin näkemäalueita ja näkemien vaatimia geometrisia suureita kuten teiden pyöristyssäteitä mitoitettaessa. Sitä käytetään myös poikkileikkauksia, paikoitusalueita ja kääntöpaikkoja mitoitettaessa. Vähäliikenteisillä tontti- ja kokoojakaduilla sitä voidaan käyttää myös liittymämitoituksessa.

Taulukossa 13 on esitetty mitoittavien kuorma- ja henkilöautojen tärkeimmät mitat ja ajotilan leveydet Pohjoismaissa ja Saksassa. Ajotila on ilmoitettu ajouran leveytenä, kun ajoneuvo liikkuu  $R_k$ -säteistä ympyrän kaarta etuakselin keskipisteellä seuraten.

Taulukko 13. Mitoittavien kuorma- ja henkilöautojen päämitat ja laskennalliset ajotilan leveydet (m) Pohjoismaissa ja Saksassa.

Mitta (m)	Kuorma-auto					Henkilöauto				
	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska	Saksa	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska	Saksa
Pituus	8,00	9,40	12,00	10,00	10,10	5,00	4,90	4,80	4,75	4,74
Leveys	2,60	2,55	2,55	2,55	2,50	1,80	1,80	1,80	1,85	1,76
Korkeus	4,20	3,40		4,00	4,00	1,35	1,50			1,51
Etuylitys	1,50	1,40	1,50	1,50	1,50	0,80	0,80	0,90	0,90	0,94
Akseliväli	4,70	5,10	6,80	6,00	5,30	2,90	2,80	2,80	2,70	2,70
Ajotila, R <sub>k</sub> =10 m	4,35	4,50	5,90	5,20	4,32					
Ajotila, R <sub>k</sub> = 8 m	4,77	4,99	7,01	5,95	4,85	2,58	2,54	2,58	2,58	2,51
Ajotila, R <sub>k</sub> = 6 m						2,83	2,77	2,82	2,81	2,74

Ajotila-arvoissa ei ole otettu huomioon koripyöristystä ja ne on ilmoitettu ajouran maksimileveyksinä.

Suomessa käytetty mitoittava kuorma-auto on pituudeltaan ja siten myös ajotilan tarpeeltaan muissa maissa käytettyjä mitoitusajoneuvoja pienempi. Suurimmat erot ovat Norjan ja Tanskan mitoitusajoneuvoihin. Henkilöauto vastaa sen sijaan ajotilan tarpeeltaan hyvin kansainvälistä käytäntöä. Suurin sallittu henkilö- ja kuorma-auton pituus Suomessa on 12 m.

Ruotsalaisissa ohjeissa on tähän mitoitusajoneuvoryhmään sisällytetty myös henkilöauton ja asuntovaunun yhdistelmä (pituus 13,5 m), minibussi (7 m), pelastuslaitoksen tikasauto (10 m) ja kunnossapitoajoneuvo (10,95 m) sekä traktori perävaunuineen (9,2 m) ja leikkuupuimuri (pituus 10,3 m, leveys 6,0 m). Tanskalaisissa ohjeissa on vastaavasti jakeluauto (7 m), puhtaanapitotraktori perävaunuineen (6,4 m) ja leikkuupuimuri perävaunuineen (leikkuupöytä kuljetuksen aikana perävaunussa, pituus 13 m, leveys 3,2 m).

Koska Suomessa kuorma-auton perustana on jo alun perin kunnossapitoajoneuvo, ei erilliselle kunnossapitoajoneuvolle ole tarvetta. Sen sijaan pelastusajoneuvot ovat yleensä mitoiltaan mitoitusajoneuvona käytettyä kuorma-autoa suurempia. Taulukossa 14 on esitetty Suomen pelastusalan keskusjärjestön ja muutamien pelastuslaitosten suosittelemia ajoneuvomittoja ja ajoneuvojen kääntösäteitä pelastusteiden mitoittamiseen.



Taulukko 14. Pelastusajoneuvojen päämittoja.

Puomitikasauton mitat	Suomen pelastusalan keskusjärjestö	Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos	Keski-Uudenmaan pelastuslaitos
Pituus (m)	14,50	12,00	14,50
Leveys (m)	2,50		2,60
Korkeus (m)	3,80	3,80	3,90
Kääntösäde, ulko (m)	13,00	10,50	12,00
Kääntösäde, sisä (m)		4,00	5,50
Ajotila		6,50	6,50

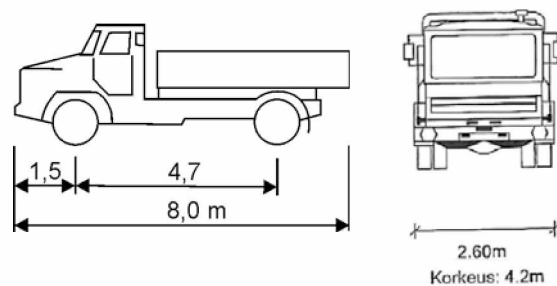
Ajotila-arvot perustuvat ilmoitettuihin kääntösäteisiin, eivätkä ne ole suoraan vertailukelpoisia.

Puomitikasautot ovat mitoiltaan vain jonkin verran linja-autoa tai telilinja-autoa pienempiä. Sairasautojen mitat ovat mitoittavan henkilöauton ja kuorma-auton välissä.

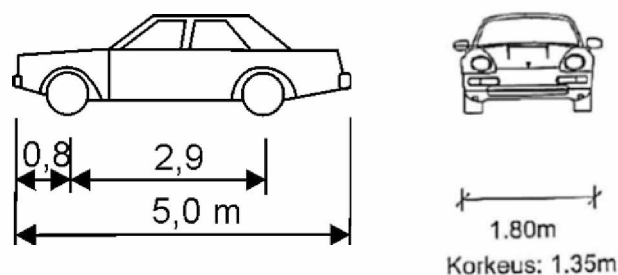
Suomessa muista tähän ryhmään Pohjoismaissa sisällytetyistä ajoneuvoista kyseen tulevat lähinnä leikkuupuimurit, jotka leveydeltään ovat muita mitoitusajoneuvoja suurempia.

### Suositus

Tässä vaiheessa suosituksena esitetään, että mitoitusajoneuvoista kuorma- ja henkilöautojen mitat säilytetään entisellään. Mitoitustilanteissa on kuitenkin syytä ottaa tarpeen mukaan huomioon myös muiden ryhmään kuuluvien ajoneuvojen ominaisuudet esimerkiksi tarkistusajoneuvoina. Kuvassa 6 on esitetty mitoittava kuorma-auto ja kuvassa 7 henkilöauto.



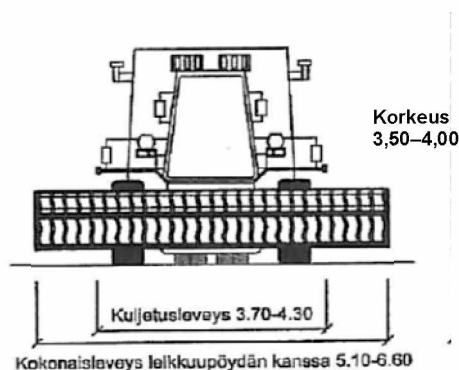
Kuva 6. Kuorma-auto.



Kuva 7. Henkilöauto.

Lisäksi suositellaan tehtäväksi erillinen selvitys siitä, pitäisikö kuorma-auton mittoja muuttaa. Useissa käytännön mitoituslaitteissa, poikkileikkausmitoitusta lukuun ottamatta, mahdollinen tarkistusajoneuvo määrittää ratkaisulta vaadittavat mitat. Mitoittavan henkilöauton leveyden mahdollinen korottaminen 1,85 metriin on myös selvitettävä erikseen. Samalla on syytä selvittää näkemävaatimusten edellyttämät korkeusmitat.

Poikkileikkauksien mitoituksessa olisi otettava huomioon myös leikkuupuimurien tilantarve ainakin yksityistiejärjestelyjä mitoittaessa. Suuren leikkuupuimurin tilantarve on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Suuri leikkuupuimuri.

Kevyen liikenteen alikulkukäytävien mitoituksessa käytetään kunnossapitokalustoa, joka edellyttävää käytettävästä kalustosta riippuen joko 2,8 tai 2,4 metrin alikulkukorkeutta.

#### Perustelut

Vaikka mitoitusajoneuvojen mittojen tarkistamiselle näyttäisi kuorma-auton osalta olevan tarvetta, ei nyt käytävissä olleen aineiston perusteella voida antaa suosituksia uusiksi mitoiksi. Mittojen muuttamisella voi olla varsin laajoja vaikutuksia pienempien liittymien mitoittamiseen, vaikka mitään yleistä tarvetta nykyisten liittymien parantamiseen ei olisikaan.

Mahdollisessa erillisselvityksessä pitäisi tarkastella nykyisin käytössä olevien tyypillisimpien kuorma-autojen mittoja sekä autojen käyttöalueita. Kyseeseen tulee tällöin lähinnä kokooja- ja tonttikatujen sekä erityyppisten yksityisteiden ja niiden liittymien mitoittaminen. Erityistarkastelu olisi samalla tehtävä pelastusajoneuvojen mitoista sekä ainakin maa- ja metsätalouskäytössä olevien yksityistieliittymien mitoittamiseen käytettävän kaluston mitoista. Myös kunnossapitokaluston ja jäteautojen nykyiset mitat on syytä tarkistaa. Henkilöautojen osalta 5 metrin pituuden ylittäviä ajoneuvoja on edelleen varsin vähän, vaikka keskipituus onkin ollut kasvamaan päin. Sen sijaan 1,8 metrin leveys ylittyy jo useammalla suositulla henkilöautomallilla.

### 3.4 Erikoiskuljetusajoneuvot

Erikoiskuljetusajoneuvoja käytetään tarkistusajoneuvona tärkeillä erikoiskuljetusreiteillä, mutta niiden käyttö tulee kyseeseen myös muilla maanteilla ja kaduilla. Suo-  
messu ei ole yksiselitteisesti ohjeistettu eri mitoituslaitteissa käytettäviä erikoiskul-

jetusajoneuvoja, vaan tarvittava tiemitoitus on tehty tapauskohtaisesti. Erikoiskuljetusajoneuvojen tilantarve vaihtelee mm. ajoneuvotyypistä, akselien sijainnista ja määrästä sekä kuormatilan ja kuorman mitoituksesta riippuen.

Tiehallinto on määritellyt vuonna 2002 suurten erikoiskuljetusten tavoitatieverkon ja siinä yhteydessä täsmennetyt tavoitearvot ja mitoitusperusteet (Tiehallinto 2002). Erikoiskuljetustoimintaa tienpitäjän näkökulmasta on käsitelty myös aiheesta tehdystä diplomityössä (Setälä 2003). Kummassakin on esitetty taulukkona käytetyimmät erikoiskuljetusajoneuvoyhdistelmät painoineen ja ensin mainitussa myös tärkeimpine muine mittoineen. Liikenneteknisen mitoituksen kannalta esitetyistä ajoneuvotyypeistä oleelliset ovat 3- tai 4-akseliset koneenkuljetuslavettiyhdistelmät (tyypit K3 ja K4), raskaat muunneltavat erikoiskuljetusperävaunuyhdistelmät (esim. tyyppi T4) ja kääntymisissä tarvittavan pyyhkäisyalueen kannalta myös peräjuoksijayhdistelmä (esim. tyyppi T8). Tavanomaisten koneenkuljetuslavettiyhdistelmien tulisi päästä kääntymään liittymissä poikkeamatta vastaantulevien kaistalle kuin hetkellisesti ja yleensä ilman erityistoimia, kuten liikennemerkkien purkua.

Tärkeimpien erikoiskuljetusten runkoreittien mitoituksessa vaativin yhdistelmä on pidennetty erikoiskuljetusperävaunuyhdistelmä (T4), jonka mukaisesti mitoitetaan esimerkiksi pääsuunnassa kanavoitujen liittymien leveämpi ajoratapuolisko. Tarkistusajoneuvona käytetään vielä peräjuoksijayhdistelmää (T8), jolla voidaan tarkistaa, ettei kuorman pyyhkäisyalueelle liittymään kaidekorkeuden yläpuolelle jää pylviä, tolppia tai muita kiinteitä rakenteita, jotka ovat käytännössä mahdottomia purkaa.

Taulukossa 15 on esitetty eri maissa käytettyjen erikoiskuljetusajoneuvojen päämitat. Suomalaisten tyyppien K3, K4, T4 ja T8 mitat ovat Tiehallinnon erikoiskuljetusten tavoitatieverkkoa koskevasta muistiosta (Tiehallinto 2002) ja muut käytettävissä olleesta lähdeaineistosta.

*Taulukko 15. Erikoiskuljetusajoneuvojen päämittoja.*

Mitta (m)	Koneenkuljetuslavettiyhdistelmä						Muu erikoiskuljetusajoneuvo	
	K3	K4	Lohjan lavetti	Sodankylän lavetti	Ruotsi	Tanska	T4	T8
Pituus	20,43	23,30	20,39	19,99	19,00	22,00	29,68	55,27
Leveys	3,35	7,00	3,20	3,35	2,60	2,55	7,00	5,50
Korkeus		7,00			4,50		7,00	7,00
Kääntösäde ulko	15,0	17,3	15,0	15,0	n. 18		21,5	48,0
Kääntösäde sisä		4,5	6,07	5,06	n. 2,5		8,0	5,8

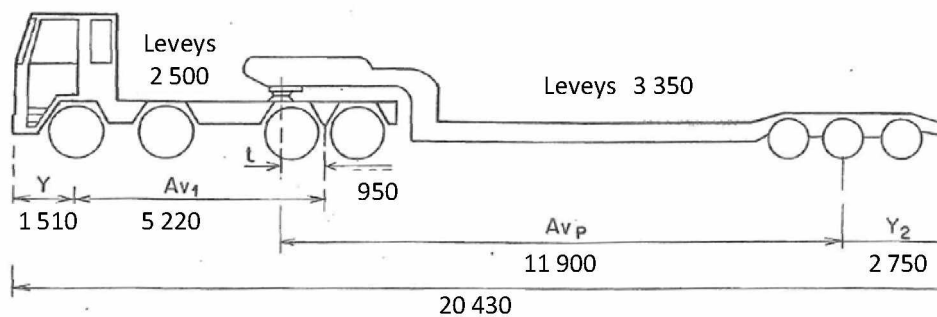
Kääntösäteet eivät ole suoraan vertailukelpoisia.

Mallinnuksin ja laskelmin voidaan todeta, että koneenkuljetuslavettiyhdistelmistä Lohjan yhdistelmä vaatii pienimmän ja K4 -yhdistelmä suurimman ajotilan. K3 ja Sodankylän lavetti ovat ajotilatarpeeltaan lähes samanlaisia ja edellä mainittujen välimaastossa. K4 -yhdistelmän kuorman mitat vastaavat suurten erikoiskuljetusten mittoja (7 m \* 7 m), joten sen käyttö rajoittuu tärkeimpien erikoiskuljetusreittien mitoituksiin. Muita koneenkuljetuslavettiyhdistelmiä voidaan käyttää tarkistusajoneuvoina myös tavanomaisilla teillä ja kaduilla.

Muista erikoiskuljetusajoneuvoista tyypit T4 ja T8 ovat mitoiltaan ja tilantarpeeltaan niin suuria, että niitä voidaan käyttää vain erikoiskuljetusreiteillä ns. tarkistusajoneuvoina.

### Suositus

Mitoittavaksi peruserikoiskuljetusajoneuvoksi suositellaan taulukossa 15 esitetyn koneenkuljetuslavettiyhdistelmän (K3) mittojen mukaista ajoneuvoa. Sitä voidaan käyttää varsinaisena mitoitusajoneuvona kaikilla erikoiskuljetusreiteillä ja tarkistusajoneuvona muulla tieverkolla tilanteissa, joissa liikennemerkkien tai rakenteiden purku aiheuttaa suuria kustannuksia. Kuvassa 9 on suositellun peruserikoiskuljetusajoneuvon päämitat.



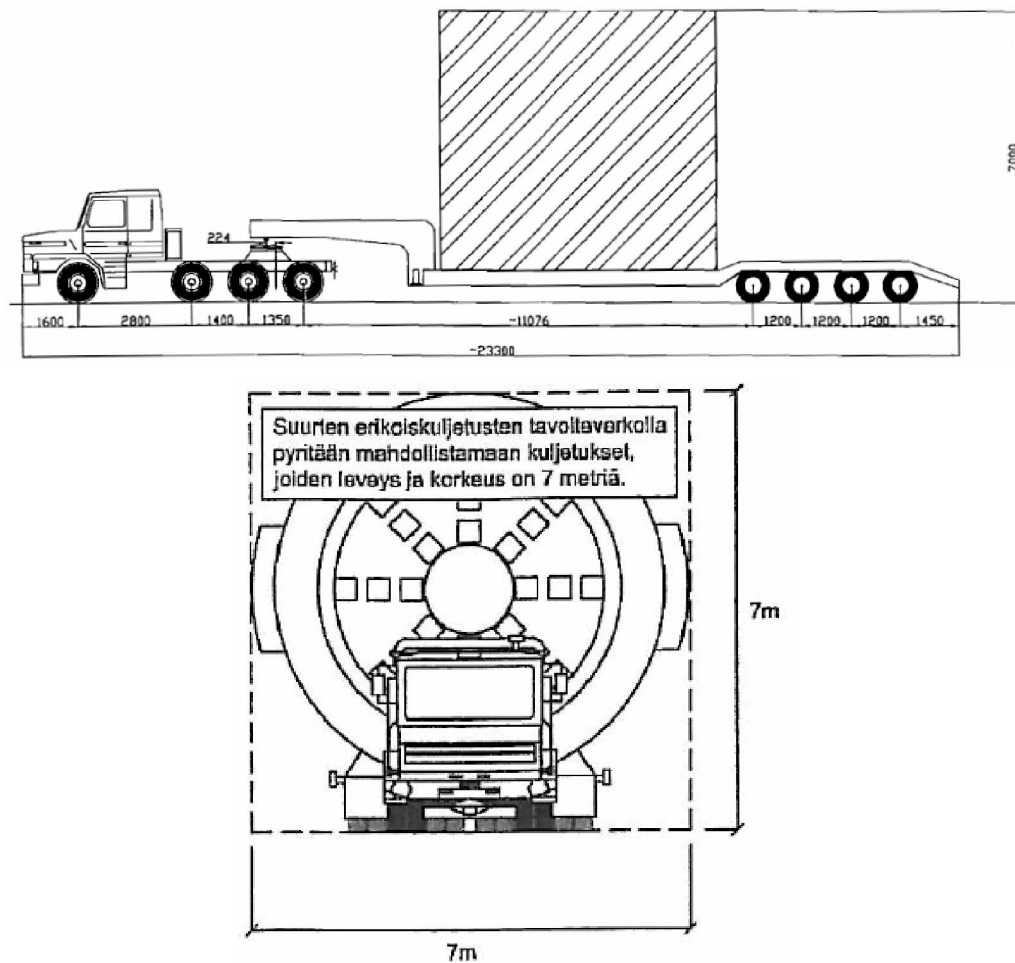
Kuva 9. Mitoittava peruserikoiskuljetusajoneuvo K3.

Suurten erikoiskuljetusten reiteillä mitoitusajoneuvona voidaan käyttää kuvan 10 mukaista ajoneuvoa (pituus 23,30 m, leveys 7 m ja korkeus 7 m), jonka mukaan mitoiteaan esim. kanavoitujen tienkohtien leveämpi puolisko ajoradasta ja keskikajteelliset tien kohdat.

Pidennettyjä erikoiskuljetusperävaunuyhdistelmiä (T4, liite 1) ja peräjuoksijayhdistelmiä (T8, liite 2) voidaan käyttää tarkistusajoneuvoina tärkeillä erikoiskuljetusreiteillä, jolloin niiden avulla voidaan varmistaa, ettei esim. risteys- ja liittymäalueilla ole esteitä, joita ei voida purkaa kohtuullisin kustannuksin.

### Perustelut

Suunnittelua koskevaa ohjeistusta laadittaessa liian monen erikoiskuljetusajoneuvon käyttö mitoitusperusteena johtaa hankaliin ja tarpeettoman väljiin ratkaisuihin. perusmitoitusajoneuvoksi on siksi valittu suurempi tavanomaisista koneenkuljetuslavettiyhdistelmistä, koska näillä kuljetetaan mm. maansiirtokoneita satunnaisesti suurella osalla tie- ja katuverkkoa. Varsinaisten erikoiskuljetusreittien suunnittelu voidaan aina tehdä tapauskohtaisesti tietokoneella ajouraohjelmia apuna käyttäen.



Kuva 10. Erikoiskuljetusajoneuvo K4.

### 3.5 Jalankulkijat, pyöräilijät ja mopot

Kevyen liikenteen tienkäyttäjryhmän muodostavat polkupyörällä, mopedilla ja muulla pienehkolla kulkuneuvolla liikkuvat sekä jalankulkijat.

Jalankulkijoita ovat tieliikennelainsäädännössä jalan, suksilla, rullasuksilla ja -luistimilla liikkuvat sekä potkukelkan tai -pyörän, lastenvaunujen, leikkiajoneuvon, pyörätuolin tai vastaavan laitteen kuljettajat sekä polkupyörän tai mopon taluttajat. Jalankulkijat on monimuotoinen ryhmä, jonka eri jäsenillä on erilaiset tarpeet ja kyvyt liikenteessä. (Tielaitos 1998).

Pyöräilijällä tarkoitetaan polkupyörän kuljettajaa. Polkupyörä on yhden tai useamman henkilön tai tavarankuljettamiseen rakennettu, vähintään kaksipyöräinen, polkimin tai käsikammin varustettu moottoriton ajoneuvo. Pyöräilijät ovat hyvin monimuotoinen ryhmä, jossa ikä, taidot ja matkan tarkoitus vaihtelevat suuresti. Pyörämatkojen tarkoitus vaikuttaa käyttäjäjakaumaan ja käytettyihin nopeuksiin.

Mopolla tarkoitetaan kaksipyöräistä tai kolmipyöräistä moottoriajoneuvoa, jonka moottorina on enintään 50 cm<sup>3</sup>:n polttomoottori ja jonka suurin rakenteellinen nopeus on enintään 45 km/h. Tähän luokkaan luetaan myös muulla voimanlähteellä kuin

polttomoottorilla varustettu kaksi- tai kolmipyöräinen ajoneuvo, jonka suurin rakenteellinen nopeus on enintään 45 km/h. Pienitehoinen mopo on kaksipyöräinen polkimin varustettu mopo, jonka suurin rakenteellinen nopeus on 25 km/h ja moottorin enimmäisteho on 1 kW. Mopolla voidaan ajaa pyörätiellä vain, jos se on erikseen lisäkilvellä sallittu.

Kevyellä nelipyörällä (mopoauto ja mönkijä) tarkoitetaan nelipyöräistä moottorikäyttöistä ajoneuvoa, jonka kuormittamaton massa on enintään 350 kg ilman sähköajoneuvon akkujen massaa ja jonka suurin rakenteellinen nopeus on enintään 45 kilometriä tunnissa. Kevyen nelipyörän moottorin sylinteritilavuus on enintään 50 cm<sup>3</sup>, kun kyseessä on ottomoottori, tai suurin nettoteho enintään 4 kW, kun kyseessä on muu polttomoottori tai sähkömoottori. Kevyellä nelipyörällä ei ole sallittua ajaa pyöräteillä.

Kaupunkialueiden pääväylien suunnitteluohjeissa (Tielaitos 1993) on määritelty neljän eri jalankulkijatyypin perusmitat. Pyöräilijälle on lisäksi omat mitat. Kevyen liikenteen suunnitteluohjeissa (Tielaitos 1998) on esitetty erilaisia mittayhdistelmiä jalankulkijoille 18 ja polkupyörille 6.

Ruotsalaisissa ohjeissa (GCM 2010) on esitetty viisi mitoittavaa jalankulkijaa, neljä pyöräilijää ja mopo. Norjalaisissa ohjeissa (Statens vegvesen 2008a) on määritelty neljä jalankulkijaa ja kaksi pyöräilijää.

Tanskalaisissa ohjeissa (Vejdirektoratet 2000) on määritelty kahdeksan jalankulkijaa ja kolme pyöräilijätyyppiä. Lisäksi on määritelty 14 erilaista mitoituslannetta jalankulkijoille ja 9 pyöräilijöille. Mitoittavan leveyden suhteen on lisäksi eroteltu normaali- ja minimileveystarpeet.

Taulukkoon 16 on koottu eri maiden ohjeissa esitettyjen tärkeimpien kevyen liikenteen mitoitusyksiköiden päämitat.

*Taulukko 16. Kevyen liikenteen mitoitusyksiköiden päämittoja.*

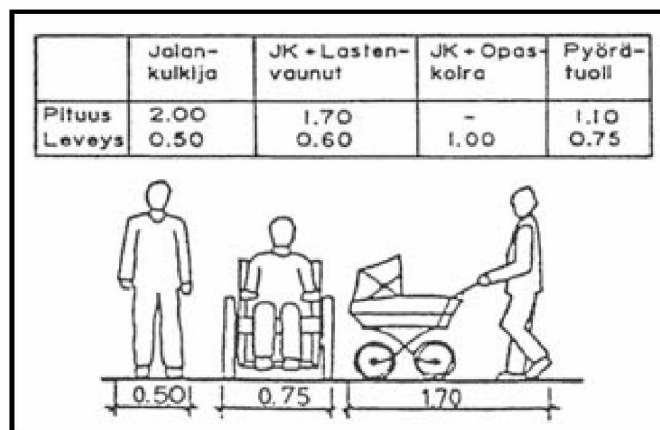
Mitoitusyksikkö	Päämitat: pituus / leveys / korkeus (m)			
	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska
Jalankulkija	0,40/0,60/2,00	/0,70/2,20	0,40/0,70/1,90	0,40/0,65/2,00
Jk+lastenvaunut	1,75/0,80/	1,70/0,70/	1,70/0,70/	1,95/0,75/
Jk+kaksosvaunut		/0,80/		/0,95/
JK+opaskoira	/1,00/	/1,20/	/1,20/	
Pyörätuoli	1,25/0,75*)/	1,40/0,80/	1,50/0,90/	1,25/0,75/1,30
Polkupyörä	2,00/0,60/2,00	2,00/0,75/1,90	1,80/0,75/1,90	2,00/0,70/2,10
Pp +perävaunu	3,00/0,80/		4,00/1,00/	3,00/0,85/2,10
Kolmipyörä	1,70/0,90/	/0,8-1,0/		
Mopo	/0,80/2,00	2,22/0,86/1,35		

\*) Esteettömän ympäristön suunnittelun ohjekorteissa (SuRaKu 2008) pyörätuolille on esitetty 0,90 metrin minimileveyttä.

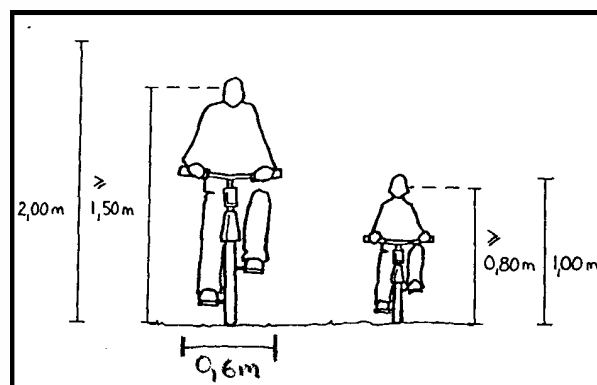
Taulukon 16 lisäksi muina mitoittavina liikenneyksiköinä eri maiden ohjeissa on käsitelty mm. jalankulkijaa sateenvarjon tai ostoskassien kanssa, keppien kanssa kulkevaa tai lasta taluttavaa jalankulkijaa, rullaluistelijaa sekä useamman jalankulkijan ryhmiä. Polkupyöristä voidaan mainita makuuasentoinen pyörä, tandempyörä sekä rahtipyörä. Eri maiden ohjeissa ei kuitenkaan ole määritelty esimerkiksi sauvaluistelijan tai rullasuksiihtijän, normaalityypistä poikkeavien mopojen tai kevyiden nelipyörien mittoja.

### Suositus

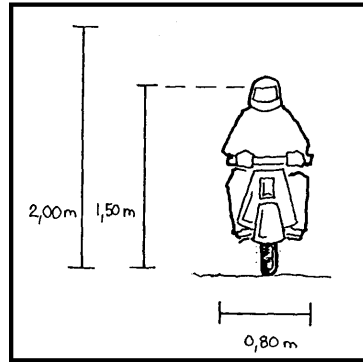
Kevyen liikenteen mitoittavia liikenneyksiköitä ei nyt esitetä muutettavaksi. Mitoittavina jalankulkijoina voidaan käyttää ensisijaisesti kuvassa 11 esitettyjä liikenneyksiköitä. Jalankulkijan suositeltava leveys on kuitenkin kuvasta poiketen 0,60 m ja pyörätuolin 0,90 m. Pyöräilijän ja mopoilijan tilantarve voidaan määrittää kuvien 12 ja 13 mukaan. Eri suunnittelutilanteissa voidaan tarpeen mukaan tilantarve mitoittaa esimerkiksi kuvan 14 mukaisilla liikenneyksiköillä.



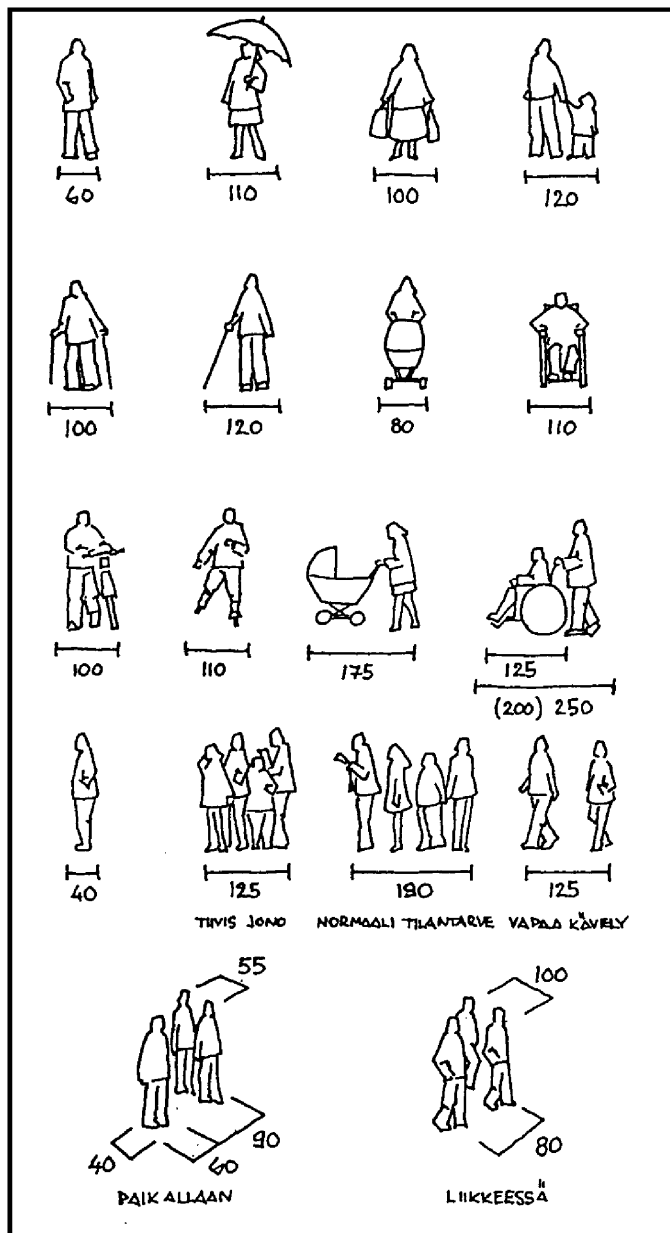
Kuva 11. Jalankulkijan perustyyppit (jalankulkijan pituus tarkoittaa korkeutta).



Kuva 12. Pyöräilijä.



Kuva 13. Mopoilija.



Kuva 14. Jalankulkijoiden mittoja.



**Perustelut**

Lähtöaineiston perusteella ei ole löydettävissä uutta tietoa mitoittavien liikenneyksiköiden uudelleen mitoittamiseksi. Jatkoselvitystarvetta jää kuitenkin erityisesti vauhdikkaiden jalankulkijoiden, erityyppisten mopojen ja mahdollisesti kevyiden nelipyörien edellyttämissä mitoitustilanteissa ja niissä käytettävien mitoitussyksiköiden mitoissa.

## 4 Ajodynamiikkaan liittyvät perusarvot

### 4.1 Yleistä

Ajodynamiikkaan liittyvät perusarvot määräytyvät ajoneuvojen suorituskyvyn, renkaiden ja tienpinnan kitkaominaisuuksien, kuljettajien ajokäyttäytymisen sekä ajoneuvon kuljettajien ja matkustajien suoritus- ja sietokyvyn perusteella. Perusarvoja käytetään esimerkiksi pysähtymis- ja kiihdytysmatkoja, vaaka- ja pystygeometrian minimisäteitä, siirtymäkaaria, kaistanvaihtopituuksia ja sivukaltevuuden muutosmatkoja määritettäessä.

**Pysähtymismatka:** Ajoneuvon pysäyttämiseen tarvittava matka muodostuu reaktioaikana kuljetusta matkasta sekä jarruttamisen aikana kuljetusta matkasta. Eri laatu-luokkien minimipysähtymismatka määritetään tien pituuskaltevuuden, mitoitusnopeuden, reaktioajan ja jarrutuskitkan perusteella *kaavan 1* mukaan. Joukkoliikenteelle tarkoitetuilla väylillä käytetään mitoituksessa lisäksi seisovan matkustajan mukaista hidastuvuuden arvoa *kaavan 2* mukaisesti.

$$\text{Kaava 1} \quad L = t_r \cdot \frac{v_m}{3,6} + \frac{v_m^2}{254 \cdot (f_{jk} \pm s)}$$

$$\text{Kaava 2} \quad L = t_r \cdot \frac{v_m}{3,6} + \frac{v_m^2}{25,92 \cdot a}$$

$L$  = mitoituspysähtymismatka [m]

$t_r$  = reaktioaika [s]

$v_m$  = mitoitusnopeus [km/h]

$f_{jk}$  = jarrutuskitkakerroin

$s$  = pituuskaltevuus [m/m]

$a$  = sallittu hidastuvuus [m/s<sup>2</sup>]

**Pyöristyskaarresäteen minimiarvo:** Valaistun tien koverat pyöristyskaaret ja näkemiä haittaamattomien tasausviivan pienien koverien ja kuperien taitekulmien pyöristyskaaret voidaan mitoittaa kaavan 3 mukaan.

$$\text{Kaava 3} \quad S_{\min} = \frac{v_m^2}{12,96 \cdot a}$$

$S_{\min}$  = Pyöristyskaaren säteen minimiarvo (m)

$v_m$  = mitoitusnopeus (km/h)

$a$  = pystykiihtyvyys (m/s<sup>2</sup>)

**Kaarresäteen minimiarvo:** Ympyräkaaren muotoisella tiellä tasaisella nopeudella liikkuvaan ajoneuvoon vaikuttaa sivukiihtyvyydestä johtuva keskipakoisvoima, jonka suuruus riippuu kaarresäteestä ja ajonopeudesta. Jotta ajoneuvo ei liukuisi kaarteessa pois ajoradalta, on tämä voima kumottava ajoradan sivukaltevuudella sekä tien pinnan ja ajoneuvon renkaiden välisellä kitkavoimalla. Eri mitoitusnopeuksilla tarvittava kaarresäde lasketaan kaavalla 4:

*Kaava 4* 
$$R_{\min} = \frac{v_m^2}{127 \cdot (q + f_s)}$$

$R_{\min}$  = Kaarresäde (m)

$v_m$  = mitoitusnopeus (km/h)

$q$  = sivukaltevuus [m/m]

$f_s$  = sivukitkakerroin

## 4.2 Reaktioaika

Reaktioaika on aika, joka ajoneuvon kuljettajalta kuluu tiellä olevan liikenne-esteen havaitsemisesta vaaratilanteeksi käsittämiseen, päätöksentekoon ja jarrutuksen aloittamiseen sekä jarrutusvaikutuksen alkamiseen. Reaktioaika vaihtelee mm. kuljettajan perussuorituskyvyn, vireystilan ja liikenneympäristön mukaan. Reaktioaikana kuljetun matkan osuus koko pysähtymismatkasta on sitä suurempi, mitä pienempi on mitoitusnopeus.

### Suomi

Suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa reaktioaika määritellään taulukon 17 mukaisesti. Reittiliikenteessä olevan linja-auton kuljettajalta vaadittavan tarkkaavaisuuden takia hänen reaktioaikansa on vakio 1,5 sekuntia (Liikennevirasto 2011b).

*Taulukko 17. Suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa käytetyt reaktioajat.*

Mitoitusajoneuvo	Reaktioaika (s)		
	Ohjearvo tai hyvä	Vähimmäisarvo tai tyydyttävä	Välttävä
Henkilöauto	2,5	2,0	1,5
Linja-auto	1,5	1,5	1,5

Kevyen liikenteen suunnitteluohjeissa reaktioajaksi on hyvässä ja tyydyttävässä laatutasossa määritelty 2,0 sekuntia ja välttävässä laatutasossa 1,0 sekuntia. (Tiehallinto 1998)

Helsingin yliopiston liikennetutkimusyksikön vuonna 1989 tekemässä tutkimuksessa todettiin, että tiensuunnittelussa voidaan edelleen käyttää 2,0 sekunnin jarrutusreaktioajan arvoa. Tulokset osoittavat, että 90 % kuljettajista ehtii aloittaa jarrutuksen 2,0 sekunnin kuluessa havaitusta ärsykkeestä, kun tilanne vaatii välitöntä jarruttamista. Tutkimuksessa kuitenkin todetaan, että osalla kaupunkialueen pääväyliltä pois johtavista rampeista voitaisiin käyttää lyhyempää reaktioaikaa. Maaseutumoottoriteillä taas liikenneympäristön yksitoikkoisuus ja kuljettajan väsyminen alentavat tarkkaavaisuutta. Moottoriteillä tämä on todettavissa jo 30–40 min ajon jälkeen. (Koi-visto & Summala 1989)

## Ruotsi

Tie- ja kadunsuunnitteluun ohjeistetaan Ruotsissa käytettäväksi taulukossa 18 esitetty reaktioajat (Vägverket 2004). Lausuntovaiheessa olevissa uusissa tiensuunnitteluohjeissa ehdotetaan lyhyimmäksi reaktioajaksi 1,0–2,0 sekuntia. (Trafikverket 2012)

*Taulukko 18. Ruotsissa tie- ja katusuunnittelussa käytetyt reaktioajan ohjearvot.*

Ajoneuvo	Reaktioaika (s)		
	Hyvä	Tyydyttävä	Välttävä
Henkilöauto	2,0	1,5–2,0	1,0–1,5
Linja-auto	1,5	1,5	1,5

## Norja

Norjassa käytetään ohjearvona 2 sekunnin reaktioaikaa kaikissa olosuhteissa. (Statens vegvesen 2008)

## Tanska

Tanskassa käytetään taajama-alueella ja vapaan tieympäristön tieosuuksilla ohjearvona 2 sekunnin reaktioaikaa. Valo- ja valo-ohjaamattomissa risteyksissä sekä kiertoliittymissä käytetään näkemäalueiden määrittelyssä ohjearvona myös 2,5–4 sekunnin reaktioaikoja. (Vejdirektoratet 2008a). Uusimman, taajama- ja maaseututeitä koskevan ohjeluonnoksen (lausuntokierroksella) mukaan maaseututeiden suuntauksen suunnittelussa käytetään 2,0 sekunnin, maaseutuliittymien suunnittelussa 2,0–4,0 sekunnin ja taajamaliittymien suunnittelussa 2,5 sekunnin reaktioaikaa.

## Pohjoismaiset tutkimukset

Vuoden 1976 yhteispohjoismaisessa tutkimuksessa suositellaan kaikkien mitoitusnopeuksien yhteydessä 2 sekunnin reaktioajan käyttöä. Tutkimusten mukaan 85 % kuljettajista reagoi yllättäviin tilanteisiin 1,5 sekunnissa, mutta koska mittausmetodeihin liittyy epävarmuuksia, on mitoitusmenettelyissä varmempi käyttää 2 sekunnin reaktioaikaa. (NVF 1976).

Kuljettajien jarrutusreaktioaikoihin liittyvistä tutkimuksista tehtiin Tanskassa kirjallisuusselvitys vuonna 2007. Selvityksessä käydään läpi vuosina 1971–2005 tehtyjä pohjoismaisia, saksalaisia ja yhdysvaltalaisia ohjeita ja tutkimuksia. Kirjallisuusselvityksessä otettiin huomioon erityisesti ikääntyvien autoilijoiden reaktioaikoihin liittyvät tutkimukset. (Trafitec 2007)

Kirjallisuusselvityksen mukaan yleistä, yksiselitteistä määritelmää ei ole termille "Ikääntyvät autoilijat". Iän kasvaessa korkean ja matalan suoritustason välinen ero kasvaa. Yleisesti ottaen ikääntyvä autoilija tarvitsee enemmän aikaa kuin muut informaation käsittelyyn ja päätöksen tekemiseen. Tämän ikääntyvä autoilija kompensoi eri tavoilla, esimerkiksi:

- ajamalla hitaammin
- suuremmilla turvallisuusmarginaaleilla ja
- yrittämällä välttää hankalia liikennetilanteita.

Tulokset useista ikääntyviä autoilijoita koskevista tutkimusprojekteista ovat olleet vaihtelevia (blandade). Ikääntyvillä kuljettajilla ei ole kaikissa tilanteissa muita pitempi reaktioaika.

Yksinkertaisissa, ennalta odotettavissa olevissa jarrutustilanteissa (este ajoradalla tai edellä olevan auton jarruvalot) reaktioaika on keskimäärin 1,5 sekuntia (90 %:n fraktiili) ja enintään 2,0 sekuntia. Yllättävissä tilanteissa vastaavat arvot ovat 2,5 sekuntia (90 %:n fraktiili) ja 2,7 sekuntia. Näissä tilanteissa ei nuoremmilla ja ikääntyvillä kuljettajilla ole mitään merkittävää eroa.

Monimutkaisissa tilanteissa ikääntyvien autoilijoiden reaktioaika voi olla nuorempia pitempi ja joillekin selvästi pitempi. Päätöksentekotilanteissa reaktioajat voivat olla välillä 2–8 sekuntia. Eri tutkimuslähteiden mukaan ikääntyvien kuljettajien reaktioajat voivat olla keskimäärin 1,5 ... 1,7-kertaisia nuorempien kuljettajien reaktioaikoihin verrattuna

Reaktioajan muutoksia pimeällä ajon aikana on myös tutkittu. On kuitenkin todettu, että päivänajan ja pimeän ajan reaktioajoilla ei ole eroja.

## Saksa

Saksassa reaktioaika on mitoitusnopeudesta riippumatta 2 sekuntia. (RAA 2008)

Saksalaisissa tutkimuksissa on todettu, että taajamaolosuhteissa ajavien ja yllättäviin liikennetilanteisiin varautuneiden kuljettajien reaktioajaksi tulee laskea ainakin 1,5 sekuntia. Vaikeissa liikenneolosuhteissa, joissa päätöksen tekemisessä on otettava huomioon monia tekijöitä, tarvittava aika on yli 5 sekuntia 85 % varmuuden saamiseksi. (RAL-L 1982)

Saksalaisen tutkimuksen mukaan 1,0 sekunnin reaktioaika ei vaikuta riittävältä perusarvoksi, vaikka noin 50 % kuljettajista alittaakin sen normaaliolosuhteissa. (RAL-L 1982).

## Yhdysvallat

Yhdysvalloissa käytetään 2,5 sekunnin reaktioaikaa (AASHTO 2004).

## Suositus

Ehdotamme ajoneuvon kuljettajille kaikissa olosuhteissa käytettäväksi hyvän laatutason arvona 2,0 sekunnin reaktioaikaa. Jos 2,0 sekunnin reaktioajan käyttäminen aiheuttaa kohtuuttomia kustannuksia rakennetun ympäristön, luontoarvojen tai muun vastaavan takia, voidaan tyydyttävällä laatutasolla käyttää 1,5–2,0 sekunnin välillä olevaa reaktioaikaa.

*Taulukko 19. Suositus käytettäväksi reaktioajoiksi eri laatutasoilla.*

Perusarvo	Hyvä	Tyydyttävä
Reaktioaika (s)	2,0	1,5 - 2,0

## Perustelut

Tutkimusten mukaan 2,0 sekunnin reaktioajan alittaa 90 % kuljettajista, joten sen valinta hyvän laatuluokan perusarvoksi takaa varsin hyvin turvallisuuteen liittyvät näkökohdat. Lyhyemmän reaktioajan käyttäminen voisi johtaa riskitilanteisiin etenkin ikääntyneiden ihmisten osalta, vaikkakaan tutkimusten mukaan eri ihmisryhmien välillä ei ole merkittäviä eroja yksinkertaisissa jarrutustilanteissa.

Alemman laatuluokan (tyytyttävän) raja-arvoa 1,5 sekuntia suositellaan käytettäväksi vain tilanteissa, joissa liikenneympäristö sinällään vaatii tavanomaista suurempaa tarkkuutta. Pysähtymismatkoja ja -näkökenttiä mitoitettaessa tämä voidaan ottaa huomioon esim. käyttämällä eri nopeustasoille erilaista reaktioaikaa 1,5 ja 2,0 sekunnin väliltä.

## 4.3 Kitka

Kitka on liikettä vastustava voima. Ajoneuvon renkaan ja tienpinnan välinen kitka mahdollistaa ajoneuvon kiihdyttämisen, ohjaamisen ja jarruttamisen. Kitkan suuruutta kuvataan yleisesti kitkakertoimella, joka on kitkavoiman ja kosketuskohtaan vaikuttavan normaalivoiman (pystysuuntainen voima) suhde. Renkaan ja tienpinnan välinen kitkakerroin vaihtelee käytännöllisesti katsoen alueella 0,0–1,0. Vaihteluun vaikuttavat keli, päällysteen ominaisuudet, renkaan ominaisuudet ja ajonopeus. Eniten kitkan vaihteluun vaikuttavat keliolosuhteet. Kuivalla ja paljaalla kestopäällysteellä kitkakerroin voimakkaassa jarrutuksessa ja hiljaisella nopeudella on yli 0,8. Jäisellä ja märällä pinnalla se on pienempi kuin 0,1. Ajonopeuden kasvaessa kitkakerroin pienenee (VTT 1985).

Ajoneuvon renkaan ja tien pinnan välinen kitka voidaan jakaa kahteen komponenttiin: pituussuuntaiseen ja poikittaissuuntaiseen kitkaan. Pituussuuntaista kitkaa tarvitaan ajoneuvon kiihdyttämiseen ja hidastamiseen. Sivukitkaa tarvitaan ohjaamiseen ja ajoneuvon pysymiseen kaarteissa tiellä. Kokonaiskitkan ja sen komponenttien välillä vallitsee likimain *kaavan 5* mukainen yhteys (VTT 1985).

$$\text{Kaava 5} \quad f_{tot}^2 = f_p^2 + f_s^2$$

$f_{tot}$  = kokonaiskitkakerroin

$f_p$  = pituuskitkakerroin

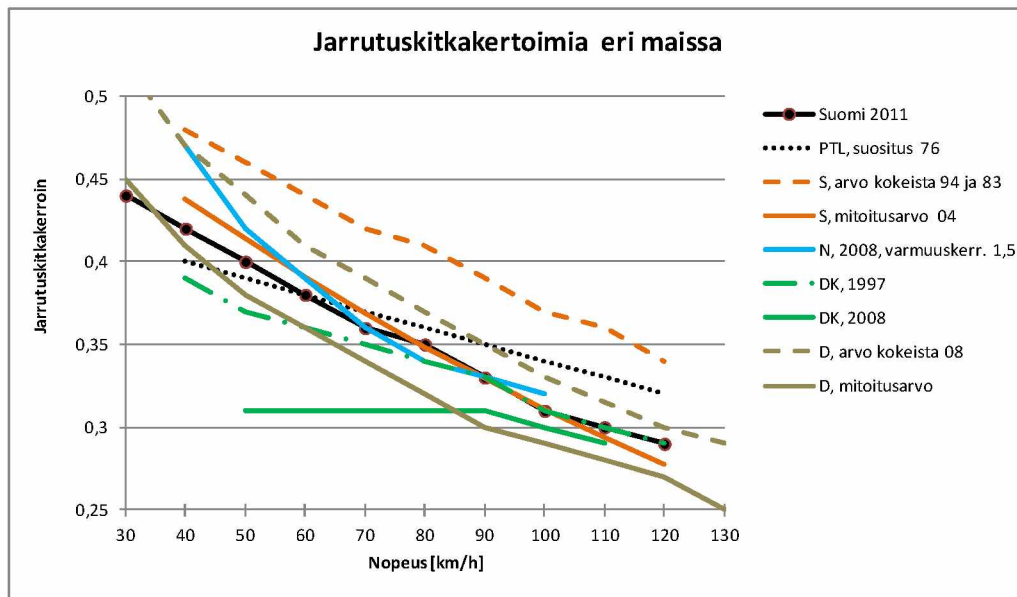
$f_s$  = sivukitkakerroin

### Pituussuuntainen kitka

Pituussuuntainen eli jarrutuskitkakerroin vaikuttaa ajoneuvon pysäyttämiseen tarvittavaan matkaan *sivun 42 kaavan 1* mukaisesti. Sitä kautta kitka vaikuttaa myös näkömäävaatimuksiin sekä edelleen väylägeometriaan, kuten tasausviivan pyöristyskaarien mitoitukseen. Lisäksi pituussuuntainen kitka vaikuttaa siihen, millainen ajoradan pituuskaltevuus voi olla, jotta ajoneuvo pystyy lähtemään liikkeelle.

Mitoittavaa jarrutuskitkakerrointa valittaessa otetaan huomioon päällysteen kitkaominaisuuksien lisäksi myös ajomukavuustekijät. Ajoneuvojen kuljettajat pitävät yleensä siedettävän hidastuvuuden rajana 3,5–4,0 m/s<sup>2</sup>, mikä vastaa kitkakerrointa 0,35–0,4 (Liikennevirasto 2011b). Kaarteissa ajettaessa tarvittava sivukitka on myös

huomioitava jarrutuskitkakertoimia valittaessa. Kuvassa 15 on esitetty keskimääräisiä jarrutuskitkakertoimen arvoja alkunopeudesta pysähdykseen eri maiden ohjeissa ja tehdyissä jarrutuskokeissa.



Kuva 15. Eri maiden jarrutuskitkakertoimia ohjeissa ja mittauksissa.

Suomalaiset suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa (Liikennevirasto 2011b) ja aiemmin pääväylien suunnitteluohjeissa (Tielaitos 1993) annetut arvot ovat lähellä yhteispohjoismaisia suosituksia ja muiden maiden suunnitteluarvoja.

**Ruotsalaiset**, eri nopeuksia vastaavat keskimääräiset jarrutuskitka-arvot on kuvattu matemaattisesti kaavalla 6. Ne ovat suuruudeltaan noin 2/3 määrellä päällysteellä tehdyihin lukkojarrutuskokeisiin perustuvien mittaustulosten arvoista.

Kaava 6 
$$f = 0,55 \cdot e^{-0,0057 \cdot V} \quad , \text{ jossa } V = \text{nopeus (km/h)}$$

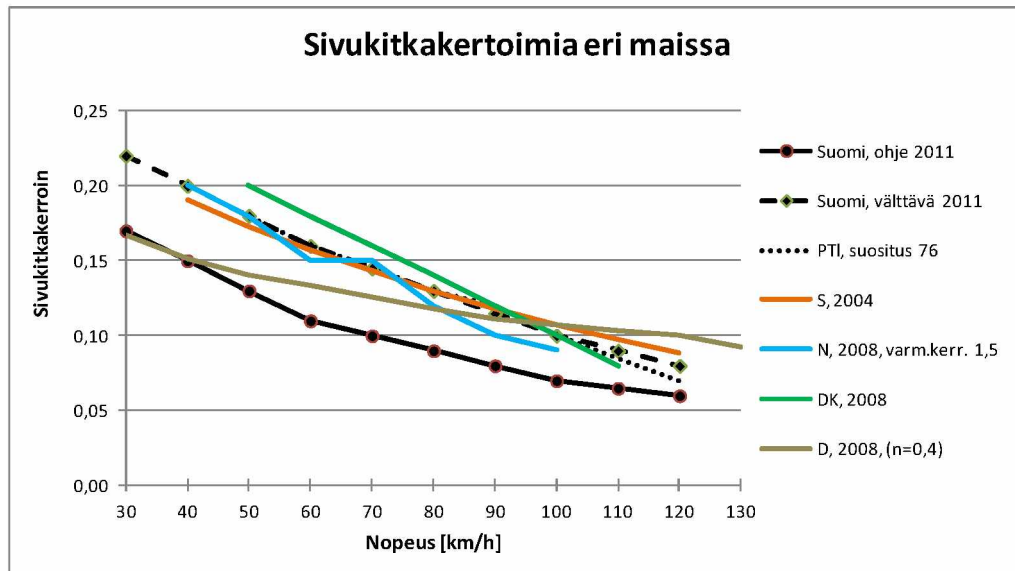
**Norjassa** jarrutuskitkakertoimen valintaan vaikuttaa nopeusrajoituksen lisäksi tieluokasta riippuva turvallisuuskertoimen, joka vaihtelee välillä 1,1...1,75. Kerroin kasvaa sekä nopeusrajoituksen että liikennemääräluokan kasvaessa. Kuvassa 15 esitettyä kertoi-meen 1,5 perustuvia arvoja käytetään pääasiassa nopeusrajoituksilla 80 ja 90 km/h.

**Tanskan** arvot ovat muuttuneet vuoden 1997 jälkeen ja ne ovat vuonna 2008 annetuissa ohjeissa selvästi aikaisempia alemmat.

**Saksassa** jarrutuskitkakertoimen arvo valitaan nopeustason mukaan. Mitoittavat kitkakertoimet on määritetty mittausten perusteella ja ne ovat 87,7 % mitatuista arvoista. Mittausmenetelmässä (Seitenkraft-Messverfahren SKM 80) ajetaan mitta-autolla määrellä tienpinnalla 80 km/h nopeudella. Pysähtymismatkojen määrittelyssä käytetään kuitenkin erillisellä kaavalla laskettuja jarrutuskitkakertoimia, joidenka arvot vaihtelevat nopeustason mukaan välillä 0,51–0,18. Moottoriteillä käytetään kuitenkin jarrutuskitkakertoimelle vakioarvoa 0,38 nopeustasosta riippumatta. Näiden arvojen perusteet eivät ole selvillä.

## Sivukitka

Sivukitkakertoimen arvot määräytyvät ajoturvallisuus- ja mukavuustekijöiden perusteella. Sivukitkan ja tien sivukallistuksen perusteella mitoitetaan väylien minimikaarresäteet. Kuvassa 16 on esitetty eri maissa käytettäviä sivukitkan arvoja.



Kuva 16. Eri maiden ohjeiden sivukitkakertoimia.

Suuntauksen suunnittelua koskevassa ohjeluonnoksessa on eri mitoitusnopeuksille määritetty kahdet sivukitkakerroin-arvot (Liikennevirasto 2011b). Yhtä suuret ohje- ja enimmäisarvot (laatutason hyvä ja tyydyttävä arvot) ovat pienempiä kuin muissa maissa käytetyt arvot. Sen sijaan laatutason välttävä arvot vastaavat muiden maiden sivukitka-arvoja suuruusluokaltaan. Suomalaisissa kaupunkialueiden pääväylien suunnitteluohjeissa (Tielaitos 1993) erotellaan lisäksi laatutasojen hyvä ja tyydyttävä arvot toisistaan.

**Ruotsissa** sivukitka lasketaan nopeuden funktiona kaavan 7 mukaan (Trafikverket 2012, Vägverket 2004). Mitoitustilanteissa nopeutena käytetään viitenopeutta. Ohje-arvot ovat pysyneet samoina kuin 1990-luvun ohjeissa.

Kaava 7 
$$f_s = 0,28 \cdot e^{-0,0096V} \quad , \text{ jossa } V = \text{nopeus (km/h)}$$

**Norjassa** sivukitkakertoimen osuus kokonaiskitkakertoimesta vaihtelee nopeusrajoituksesta riippuen välillä 26–39 %. Suunnitteluarvojen laskennassa otetaan huomioon turvallisuuskertoimen (1,1 ... 1,75) jarrutuskitkakeroainta vastaavasti.

**Tanskassa** sivukitkakertoimen ohje-arvoja ei ole muutettu vuoden 1997 ohjeiden jälkeen.

**Saksassa** sivukitkan maksimiarvona käytetään maksimijarrutuskitkaa kerrottuna 0,925:llä. Mitoitusarvo linjaosuuksilla on 40 % ja rampeilla 50 % vastaavasta maksimiarvosta.



## Suositus

Taulukossa 20 on esitetty ehdotus suomalaisissa ohjeissa käytettäviksi jarrutus- ja sivukitka-arvoiksi sekä kitkakertoimia vastaaviksi maksimihidastuvuuden ja sivukiihtyvyyden arvoiksi. Taulukon arvot ovat jarrutuskitkan osalta suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksen mukaiset ja sivukitkan osalta ohjeluonnoksen laatutason välttävä mukaiset. Talviolosuhteissa kitka saattaa olla mitoitusnopeudella ajettaessa esitettyjä perusarvoja pienempi, mutta kuljettajien oletetaan ottavan huomioon keliolosuhteet ja alentavan tarvittaessa ajonopeuttaan. Kiinteistölle ajamiseen tarkoitettuja kevyen liikenteen väyliä autoliikenteelle ja muita kevyen liikenteen väyliä mm. kunnosapito- ja pelastuskalustolle mitoitettaessa voidaan käyttää samoja kitkakertoimia.

*Taulukko 20. Suositus mitoitettaviksi kitkakertoimiksi.*

Mitoitusnopeus (km/h)	Jarrutuskitka-kerroin	Hidastuvuus (m/s <sup>2</sup> )	Sivukitka-kerroin	Sivukiihtyvyys (m/s <sup>2</sup> )
20*	0,46	4,6	0,24	2,4
30	0,44	4,3	0,22	2,2
40	0,42	4,1	0,20	2,0
50	0,40	3,9	0,18	1,8
60	0,38	3,7	0,16	1,6
70	0,36	3,5	0,145	1,4
80	0,35	3,4	0,13	1,3
90	0,33	3,2	0,115	1,1
100	0,31	3,0	0,10	1,0
110	0,30	2,9	0,09	0,9
120	0,29	2,8	0,08	0,8

\*) Käytetään vain kevyen liikenteen väylien mitoituksessa

## Perustelut

Ohjeistuksessa käytettävä jarrutuskitkakerroin on liikenneturvallisuuden kannalta tärkeimpiä mitoitustekijöitä. Kansainvälinen vertailu osoittaa, että suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa (Liikennevirasto 2011b) käytetyt arvot vastaavat hyvin muiden maiden vastaavia arvoja. Kitka-arvot ovat kuitenkin pienempiä kuin mitä esimerkiksi saksalaisissa kenttämittauksissa on todettu. Jarrutuskitkakertoimen avulla saadaan suoraan myös suurin sallittu hidastuvuus, jota eri mitoitustilanteissa voidaan käyttää. Eri mitoitustilanteiden laatutasojen eroja voidaan tarvittaessa kuvata tarkemmin hidastuvuuksien perusteella.

Sivukitkakertoimen osalta kansainväliset käytännöt vaihtelevat. Turvallisuuden kannalta maksimisivukitka voi olla varsin suuri, mutta mukavuustekijöiden takia voidaan perustella pienempiä arvoja. Kansainvälisesti tarkasteltuna sivukitkakertoimille ei ole annettu erilaisia arvoja laatuluokittain, mitä voidaan pitää kitkan määritelmän kannalta perusteltuna ratkaisuna. Siksi ehdotuksena on, että sivukitkalle ei määritellä kuin yhdet mitoittavat arvot, joiden lähtökohtana ovat turvallisuustekijät. Eri tilanteiden sallittuja sivukiihtyvyyssarjoja voidaan tarkastella erikseen laatuluokittain. Tällöin on kysymys siitä, kuinka suuri osuus maksimikitkakertoimesta käytetään. Voimassa olevista ohjeista poiketen sivukitkakertoimiksi suositellaan välttävän laatuluokan arvoja, jotka vastaavat varsin hyvin pohjoismaisia ja saksalaisia arvoja.

Kevyelle liikenteen erillisille kitkakertoimille ei ole tarvetta, koska eri mitoitustilanteissa voidaan tarvittaessa käyttää muista ajoneuvoista poikkeavia mitoitettavia hidastuvuus- ja sivukiihtyvyyssarvoja.

## 4.4 Kiihtyvyys

Ajoneuvon liikesuunnassa tapahtuvat nopeuden muutokset aiheuttavat matkustajiin kohdistuvia pituussuuntaisia kiihtyvyysoimia. Näiden suuruus riippuu mm. ajotavasta ja kelioloista ja maksimi-arvot ajoneuvojen ominaisuuksista sekä renkaiden ja ajoradan välisestä kitkasta.

Kiihtyvyyttä käytetään suunnittelun lähtökohtana mm. ohitusnäkemä, eritasoliittymien rampeja, kiihdytyskaistojen pituuksia ja ramppiliittymiä suunniteltaessa. Kiihtyvyyden mitoitussarvojen valinnassa otetaan huomioon mm. ajoneuvojen kiihtyvyys, ajoneuvokaluston rakenne, kuormitus ja suorituskyky sekä kuljettajien ja matkustajien ajomukavuus ja turvallisuus.

Taulukossa 21 on esitetty suomalaisissa ja ruotsalaisissa suunnitteluohjeissa annetut ajoneuvojen kiihtyvyyksien mitoittavat perusarvot. Näiden suuruusluokan arvioimiseksi tehtiin Liikennevirastossa VEMOSIM-simulointiohjelmalla kiihtyvyydestä tarkastelut kuudella erilaisella ajoneuvotyypillä tasaisella tiellä. Taulukkoon on lisätty näistä saadut vastaavat keskimääräiset tulokset.

*Taulukko 21. Ajoneuvojen keskimääräisiä kiihtyvyyksiä ohjeissa ja mittauksissa.*

Ajoneuvo	Nopeusalue (km/h)	Kiihtyvyys (m/s <sup>2</sup> )		Vemosim-tuloksia
		Suomi	Ruotsi	Suomi
Henkilöauto	0-30	2,0		1,96
	30-50	1,4		1,34
	0-50		2,1	1,67
	50-70	1,0	1,1	0,76
	70-100	0,7		0,53
Linja-auto	0-50	0,8	0,9	0,94
	50-70	0,2	0,3	0,51
Perävaunullinen kuorma-auto	0-50		0,6	0,40
	50-70		0,2	0,19

Moottoriteiden eritasoliittymien suunnitteluohjeessa (Tielaitos 1994) kiihtyvyyden perusarvona käytetään henkilöautoille 1,0 m/s<sup>2</sup>.

Norjan, Tanskan ja Saksan ohjeissa ei ole määritelty perusarvoja kiihtyvyyksille. Tanskassa on kuitenkin käytössä kuvaajia, joiden avulla voidaan määritellä nopeudenmuutoksiin tarvittava matka ja aika eri tien pituuskaltevuuksilla. Ohitusnäkemien pituuksien laskentaan käytetään useassa maassa saksalaista laskentamallia.

### Suositus

Suosituksena on, että eri mitoitustilanteissa käytettävät keskimääräiset kiihtyvyydet ovat taulukon 22 mukaiset.

Taulukko 22. Suositus ajoneuvojen keskimääräisiksi kiihtyvyyksiksi.

Ajoneuvo	Kiihtyvyys (m/s <sup>2</sup> ) eri nopeusalueilla			
	0–30 km/h	30–50 km/h	50–80 km/h	80–100 km/h
Henkilöauto	2,0	1,4	0,7	0,5
Linja-auto	1,3	0,6	0,5	
Perävaunullinen kuorma-auto	0,5	0,3	0,2	

### Perustelut

Viime aikoina erityisesti linja-autojen suorituskyky on parantunut ja siksi niiden kiihtyvyysarvoja on nostettu. Taustalla ovat sekä ruotsalaiset ohjeet että simulointitulokset. Koska perävaunullisten kuorma-autojen kiihtyvyys kuormattuna on muita ajoneuvoja heikompi, on niille syytä antaa omat perusarvonsa. Taulukon kiihtyvyyshluvut on määritetty osin aiempien arvojen perusteella ja osin simulointituloksia pyöristämällä.

Nopeusaluejakona on käytetty aiemmista taulukkoarvoista poiketen kaikilla ajoneuvoilla samaa jakoa, 0–30, 30–50, 50–80 sekä henkilöautoilla vielä 80–100 km/h. Nopeusaluemuutos ja simulointitulokset vaikuttavat hieman henkilöautojen kiihtyvyysarvoja alentavasti ylimmillä nopeusalueilla. Näin saadaan kuitenkin yhdenmukainen taulukkoesitys, joka varsin hyvin vastaa yleisimpiä nopeusrajoituksia Suomessa. Varsinaisia suunnitteluohjeita varten voidaan laatia tarkempia kuvaajia eri mitoitusajoneuvoille ja mitoitustilanteille. Laatuluokkien käytölle ei ole perusteita, koska kiihtyvyydet riippuvat ennen kaikkea ajoneuvojen ominaisuuksista ja ajotavasta.

## 4.5 Hidastuvuus

Hidastuvuuden maksimiarvo määräytyy suoraan mitoittavan jarrutuskitkakertoimen perusteella. Mitoittavana tekijänä sitä voidaan käyttää vain ääritilanteissa. Joukko-liikenteessä pysähtymismatkat määräytyvät seisovan matkustajan turvallisuuden ja matkustusmukavuuden perusteella. Muiden ajoneuvojen osalta maksimiarvoa pienempiä hidastuvuuksia käytetään mm. hidastuskaistapituuksia, rampeja ja ramppi-liittymiä mitoitettaessa.

Suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa ja Pääväylät kaupunkialueilla -ohjeessa käytettävät hidastuvuuden arvot on esitetty taulukossa 23. Henkilöauton välttävän laatuluokan hidastuvuudet vastaavat mitoittavia jarrutuskitka-arvoja.

Taulukko 23. Hidastuvuuden perusarvot (Liikennevirasto 2011b, Tielaitos 1993)

Ajoneuvo	Laatuluokka	Hidastuvuus (m/s <sup>2</sup> )	Vastaava kitkakerroin
Henkilöauto	Ohjearvo tai hyvä	0 – 1,5	0 - 0,15
	Enimmäisarvo tai tyydyttävä	1,5 – 3,0	0,15 - 0,31
	Välttävä	3,0 – 4,0	0,31 - 0,41
Linja-auto	Ohjearvo tai hyvä	0 – 1,5	0 - 0,15
	Enimmäisarvo tai tyydyttävä	1,5 – 2,0	0,15 - 0,2
	Välttävä	2,0 – 3,0	0,2 - 0,31

Moottoriteiden eritasoliittymien suunnitteluohjeessa (Tielaitos 1994) hidastuvuudelle käytetään seuraavia alkunopeuden (sallittu nopeus) mukaan porrastettuja arvoja: Nopeudella 120 km/h hidastuvuus on 3,0 m/s<sup>2</sup>, nopeudella 100 km/h vastaavasti 2,25 m/s<sup>2</sup> ja nopeudella 80 km/h 1,5 m/s<sup>2</sup>.

Ruotsissa käytettävät arvot ovat nopeusalueella 50–70 km/h samat kuin taulukossa 23. Muiden kuin linja-autojen hidastuvuudet voivat olla nopeusalueella 0–50 km/h kuitenkin 0,5 m/s<sup>2</sup> taulukossa esitettyjä suurempia.

Muissa pohjoismaissa mitoituskitkan mukaisia hidastuvuuksia käytetään lähinnä minimipysähtymismatkojen laskemiseen. Saksassa maksimihidastuvuutena käytetään 3,7 m/s<sup>2</sup>.

Pyöräilijöille on Suomessa ja Ruotsissa käytetty taulukossa 24 esitettyjä hidastuvuuden perusarvoja.

Taulukko 24. Hidastuvuuden perusarvot pyöräilijöille (Tielaitos 1998, Vägverket 2004).

Laatuluokka	Hidastuvuus (m/s <sup>2</sup> )		Vastaava kitkakerroin	
	Suomi	Ruotsi	Suomi	Ruotsi
Hyvä	2,0	0 - 2,0	0,20	0- 0,20
Tyydyttävä	2,5	2,0 - 3,0	0,25	0,20 - 0,31
Välttävä	3,0	> 3,0	0,31	> 0,31

### Suositus

Suomalaisia hidastuvuusarvot ehdotetaan muutettavaksi taulukon 25 mukaisiksi.

Taulukko 25. Suositus hidastuvuuden perusarvoiksi eri nopeusalueilla ja laatutasoilla.

Ajoneuvo	Nopeusalue > 50 km/h		Nopeusalue 0–50 km/h	
	Hyvä	Tyydyttävä	Hyvä	Tyydyttävä
Henkilöauto	0 - 1,5	1,5 - 3,0	0 - 2,0	2,0 - 3,5
Linja-auto	0 - 1,5	1,5 - 2,0	0 - 1,5	1,5 - 2,0
Pyöräliikenne			0 - 2,0	2,0 - 3,0

Jos mitoitustilanne edellyttää tyydyttävän laatuluokan arvojen ylittämistä, on ratkaisu perusteltava erikseen ja samalla varmistuttava ratkaisun turvallisuudesta. Mitoittavia kitkakertoimen arvoja ei tällöinkään saa ylittää.

### Perustelut

Hidastuvuus on mitoitustekijä, joka riippuu ensisijaisesti kuljettajien toiminnasta. Laatuluokituksen käytölle on siten hyvät perusteet. Koska hidastuvuuksille on jo kitkakertoimen määrittelyn yhteydessä annettu nopeudesta riippuvat raja-arvot, ei aiemmissa ohjeissa käytetyn välttävän laatuluokan arvoja ole syytä erikseen tarkemmin määritellä.

Suosituksessa on yhdistetty Suomessa aiemmin käytetty kolmiportainen laatuluokitus Ruotsissa sen lisäksi käytettyyn nopeusalueuokitukseen. Näin on pystytty kahdella laatuluokalla erottelemaan myös maaseutu- ja taajamaolosuhteiden hidastuvuuseroja aiempaa paremmin.

Arvojen kuvaaminen vaihteluvälinä selkeyttää mahdollisuutta myös raja-arvoja pienempien hidastuvuuksien käytölle. Ääritilanteissa tyydyttävät hidastuvuusarvot voidaan ylittää, kun ratkaisun turvallisuus varmistetaan ja perustellaan.

## 4.6 Pystykiihtyvyys

Pystykiihtyvyys vaikuttaa matkustusmukavuuteen ajoradan pyöristyskohdissa ajettaessa ja sen suuruus riippuu ajonopeudesta ja pyöristyskaaren säteestä. Pystykiihtyvyyteen perustuva tasauksen suunnittelu tulee kyseeseen yleensä vain valaistujen tieosien koveria pyöristyskaaria mitoitettaessa ja hyvin pieniä tasausviivan taitekulmia pyöristettäessä (Liikennevirasto 2011b).

Suomalaisissa ja ruotsalaisissa ohjeissa käytetään taulukon 26 mukaisia pystykiihtyvyyden arvoja eri laatuluokissa. Vastaavat arvot on esitetty myös suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa (Liikennevirasto 2011b).

Taulukko 26. Pystykiihtyvyyden perusarvot, (Tielaitos 1993, Vägverket 2004, Trafikverket 2012)

Maa	Pystykiihtyvyys (m/s <sup>2</sup> )		
	Hyvä (miellyttävä)	Tyydyttävä (vähän epämukava)	Välttävä (epämiellyttävä)
Suomi	0-0,5	0,5-1,0	1,0-1,5
Ruotsi	0-0,5	0,5-1,0	

Norjassa pystykiihtyvyyden maksimiarvo on 0,3 m/s<sup>2</sup> runko- ja pääteillä ja 0,5 m/s<sup>2</sup> kokooja- ja yhdysteillä. Tanskassa pystykiihtyvyyden enimmäisarvo on 0,5 m/s<sup>2</sup>. Saksalaisissa ohjeissa ei ole otettu kantaa pystykiihtyvyyden perusarvoihin.

Eri ohjeiden mukaan pystykiihtyvyyden enimmäisarvoilla ei ole käytännössä juuriakaan merkitystä, koska mm. kuperan pyöristyskaaren minimisäteet mitoitetaan näkemien perusteella ja koverissakin pyöristyskaarissa valaistus- ja ulkonäkösyöt määrittävät käytettävät minimiarvot.

## Suositus

Nykyisistä pystykiihtyvyyden arvoista suositellaan käytettäväksi taulukon 27 mukaisesti vain hyvän ja tyydyttävän laatutason arvot.

*Taulukko 27. Suositus pystykiihtyvyyden perusarvoiksi eri laatutasoilla.*

Pystykiihtyvyys (m/s <sup>2</sup> )	
Hyvä	Tyydyttävä
0–0,5	0,5–1,0

## Perustelut

Pystykiihtyvyydellä on mitoituksen kannalta vain vähäinen merkitys. Nykyisissä ohjeissa määritetyt kuperien pyöristyskaarien säteiden minimiarvot vastaavat kaikissa tilanteissa ehdotettua hyvän pystykiihtyvyyden laatutasoa. Koverissa pyöristyskaarissa ehdotetulla tyydyttävällä tasolla jäädään pyöristyssäteiden osalta selvästi taajamateiden näkemiin perustuvien välttävän laatuluokan minimisäteiden alapuolelle. Muut koverien pyöristyskaarien säteiden minimiarvot vastaavat pystykiihtyvyydeltään hyvää laatutasoa.

Arvojen muuttamiseen ei ole selviä perusteita, koska tarkempaa tutkimustietoa mukavuustekijöistä ei ole käytettävissä.

## 4.7 Sivukiihtyvyys

Kaarteessa liikkuvaan ajoneuvoon kohdistuu sivukiihtyvyys, jonka suuruus riippuu kaarresäteestä ja ajoneuvon nopeudesta. Sivukiihtyvyydestä aiheutuva voima on ajoradalta liukumisen estämiseksi kumottava ajoradan kallistamisella sekä päällysteen ja renkaiden välisellä kitkavoimalla. Minimikaarresäteen mitoituksessa otetaan huomioon sekä sivukitkan perusteella määräytyvä suurin mahdollinen sivukiihtyvyys että suurin mukavuusperusteella määräytyvä kiihtyvyys. Mitä suurempi on ajonopeus sitä pienemmät kiihtyvyydet koetaan epämiellyttäväksi.

Suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa on esitetty taulukon 28 mukaiset sivukiihtyvyydsarvot eri laatuluokissa. Sivukiihtyvyyksiä vastaavat sivukitkakertoimet saadaan jakamalla kiihtyvyydet arvolla  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Taulukko 28. Sivukiihtyvyyden perusarvot (Liikennevirasto 2011b)

Mitoitus- nopeus (km/h)	Sivukiihtyvyys (m/s <sup>2</sup> )		Sivukitkakerroin
	Ohje-/enimmäisarvo Hyvä/tyydyttävä	Välttävä	
30	1,70	2,20	0,17 - 0,22
40	1,50	2,00	0,15 - 0,20
50	1,30	1,80	0,13 - 0,18
60	1,10	1,60	0,11 - 0,16
70	1,00	1,45	0,10 - 0,145
80	0,90	1,30	0,09 - 0,13
100	0,70	1,00	0,07 - 0,10
120	0,60	0,80	0,06 - 0,08

Välttävän laatuluokan kiihtyvyyden arvot vastaavat mitoittavan sivukitkan arvoja. Kaupunkialueiden pääväylien suunnitteluohjeissa on annettu eri arvot hyvälle ja tyydyttävälle laatutasolle, mutta mitoitusnopeuden sijasta nopeusrajoitukseen sidottuna.

#### Muut maat

Taulukkoon 29 on koottu ruotsalaisissa, norjalaisissa, tanskalaisissa ja saksalaisissa ohjeista annetut sivukitkan maksimiarvoja vastaavat sivukiihtyvyyden arvot. Norjalaiset arvot on laskettu kitkakertoimen varmuuskertoimella 1,5.

Taulukko 29. Sivukiihtyvyyden laskennallisia maksimiarvoja eri maissa.

Nopeus (km/h)	Sivukiihtyvyys (m/s <sup>2</sup> )			
	Ruotsi	Norja	Tanska	Saksa
30				1,63
40	1,87	1,96		1,49
50	1,70	1,77	1,96	1,38
60	1,54	1,47	1,77	1,31
70	1,40	1,47	1,57	1,23
80	1,27	1,18	1,37	1,16
90	1,16	0,98	1,18	1,09
100	1,05	0,88	0,98	1,05
110	0,96		0,78	1,02
120	0,87			0,98
130				0,91

## Suositus

Sivukiihtyvyyden perusarvot ehdotetaan määriteltävän kahdessa eri laatutasossa. Hyvällä laatutasolla arvoina käytetään enintään nykyisiä ohje-/enimmäisarvoja (hyvä tai tyydyttävä laatutaso) ja tyydyttävällä enintään nykyisiä välttävän laatutason arvoja. Ehdotetut arvot on esitetty taulukossa 30. Sivukiihtyvyyden tyydyttävän laatutason raja-arvoja ei saa alittaa.

*Taulukko 30. Suositus sivukiihtyvyyden perusarvoiksi eri laatutasoilla.*

Mitoitusnopeus (km/h)	Sivukiihtyvyys (m/s <sup>2</sup> )	
	Hyvä	Tyydyttävä
30	≤ 1,70	1,70 - 2,20
40	≤ 1,50	1,50 - 2,00
50	≤ 1,30	1,30 - 1,80
60	≤ 1,10	1,10 - 1,60
70	≤ 1,00	1,00 - 1,45
80	≤ 0,90	0,90 - 1,30
100	≤ 0,70	0,70 - 1,00
120	≤ 0,60	0,60 - 0,80

## Perustelut

Aiemmin käytetylle kolmelle eri laatuluokalle ja niiden arvoille ei ole järkeviä perusteita. Ehdotetut hyvän laatuluokan arvot vastaavat aiempia hyvän ja tyydyttävän laatuluokan arvoja ja tyydyttävän laatuluokan arvot aiempia välttäviä arvoja.

Hyvän laatuluokan maksimiarvot ovat noin 70–75 % tyydyttävän laatuluokan maksimiarvoista, joten ne antavat selkeästi paremman laatutason tielle. Kansainvälisesti vertailtuna arvot eivät ole liian suuria.

Tyydyttävän laatuluokan arvot on määritelty vaihteluvälinä, jolloin hyvän laatutason ylittävät sivukiihtyvyyden arvot johtavat tyydyttävään laatutasoon. Rajoituksena on kuitenkin se, että taulukossa 20 suositeltuja maksimisivukitkan arvoja ei voida ylittää.

Sivukiihtyvyys on turvallisuuden kannalta oleellinen tekijä ja ehdotetut suurimmat arvot (tyydyttävä laatutaso) vastaavat suurimpia sivukitka-arvoja, eikä arvojen ylittämiseksi voida siten antaa vapauksia. Ne vastaavat varsin hyvin kansainvälisiä käytäntöjä.

Kaarresäteiden minimiarvojen määrittämisessä hyvällä laatutasolla voidaan käyttää sivukiihtyvyyden hyvän laatutason mukaisia sivukitkakertoimen arvoja eri mitoitusnopeuksille ja tyydyttävällä laatutasolla suoraan mitoittavia sivukitka-arvoja.



## 4.8 Kiihtyvyyden muutos eli nykäys

Sivukiihtyvyyden muutoksella, jonka kuljettajat ja matkustajat tuntevat nykäyksenä, on merkitystä lähinnä linjauksen siirtymäkaaria suunniteltaessa. Pystykiihtyvyyden muutoksella ei ole niin suurta merkitystä, koska pystygeometria määräytyy suurisäteiseksi pääasiassa näkemäpituuksien ja optisten näkökohtien perusteella. Pituussuuntainen nykäys syntyy kiihdytys- ja jarrutustilanteissa.

Epämiellyttäviksi koetaan nopeasti toisiaan seuraavat kiihtyvyyden muutokset, joita syntyy mm. S-kaarteissa ajettaessa, kaistan vaihtojen yhteydessä ja joukkoliikenteen pysäkillä käyntien yhteydessä. Nykäyksen raja-arvoa tarvitaan esimerkiksi, kun bussi joutuu ylittämään yhden kaistan ryhmittymistä varten. Tällöin sen avulla mitoitetaan minimivälimatka pysäkillä kaistojen erkanemiskohtaan.

Suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa sivukiihtyvyyden muutokselle on annettu raja-arvo  $0,5 \text{ m/s}^3$  siirryttäessä suoralta osuudelta ympyräkaarelle. Sivukaltevuuden muutoksesta aiheutuva sivukiihtyvyyden muutos saa olla kuitenkin vain  $0,3 \text{ m/s}^3$ . Tämä arvo ei kuitenkaan koske ohjeluonnoksen mukaista välttävän laatuluokan mitoitusta (Liikennevirasto 2011b). Pystykiihtyvyyden ja pituussuuntaisen kiihtyvyyden muutoksille ei ole määritelty raja-arvoja.

Ruotsalaisissa ohjeissa käytetään pituussuuntaisen nykäyksen maksimiarvona  $0,5 \text{ m/s}^3$  ja sivusuuntaisen nykäyksen maksimiarvona  $0,45 \text{ m/s}^3$ . Norjalaisissa, tanskalaisista ja saksalaisissa ohjeissa ei ole arvoja nykäyksille.

Yhdysvalloissa sallitaan sivukiihtyvyyden muutokselle linjaosuuksilla arvoja  $0,3$ – $1,0 \text{ m/s}^3$ . Liittymäalueilla arvot voivat olla välillä  $0,75$ – $1,2 \text{ m/s}^3$ . Sallittu arvo on sitä suurempi, mitä alempi on suunnittelunopeus (AASHTO 2004).

### Suositus

Kiihtyvyyden muutoksen maksimiarvona mitoituksessa suositellaan edelleen käytettäväksi arvoa  $0,5 \text{ m/s}^3$ . Sivukaltevuuden muutoksesta aiheutuvalle sivukiihtyvyyden muutokselle ei esitetä raja-arvoa.

### Perustelut

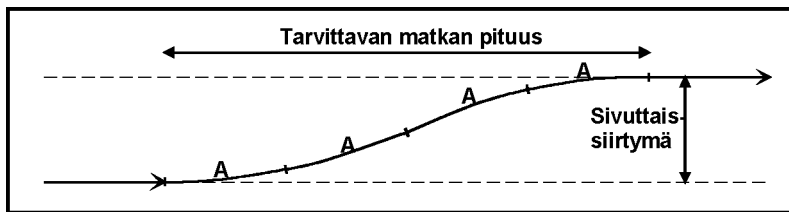
Lähdeaineiston perusteella muutoksiin ei ole syytä. Suuntauksen suunnitteluohjeissa esitetty sivukaltevuuden muutoksesta aiheutuva raja-arvo perustuu 1971 tehtyyn selvitykseen (TVH 1971). Kyseistä mitoitustapausta ei nykyään käytetä missään vertailuista maista. Sen ovat korvanneet luvussa 4.10 käsiteltävät nousuviisteeseen ja rotaatioon perustuvat mitoitustavat.

## 4.9 Sivusiirtymisnopeus

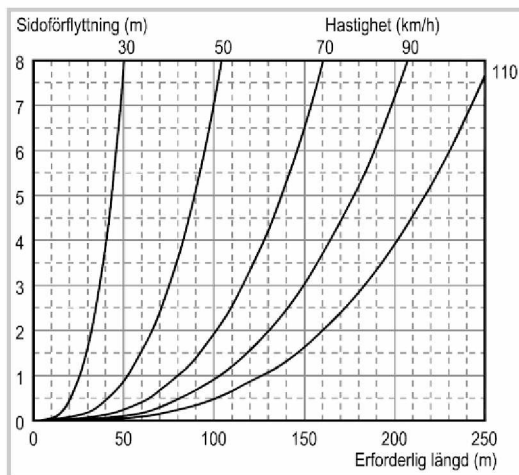
Sivusiirtymisnopeutta käytetään perusteena arvioitaessa sivusuuntaisiin siirtymiin tarvittavia matkoja. Joukkoliikenteen osalta se on käyttökelpoinen mm. arvioitaessa ajoradalla olevan pysäkiparin keskinäistä välimatkaa sekä tällaisen pysäkin sijoitusepäilyä sulkuviivaan nähden, jotta pysähtyneet linja-autot olisivat ohitettavissa turvallisesti.

Kaupunkialueiden pääväylien suunnitteluohjeissa on määritelty, että sivusiirtymisnopeus ei saisi olla suurempi kuin 1 m/s. Muissa ohjeissa ei ole määritelty sivusiirtymisnopeudelle raja-arvoja.

Ruotsalaisissa ohjeissa sivusiirtymällä tarkoitetaan kuvan 17 mukaista tilannetta. Sivusiirtymän ja siihen tarvittavan matkan yhteys eri mitoitusnopeuksilla on esitetty kuvassa 18. Mitoitus on tehty siten, että sivukiihtyvyyden muutoksen maksimiarvo  $0,45 \text{ m/s}^3$  ei ylittyisi. Sivusiirtymänopeutta ei ohjeissa ole tarkemmin määritetty (Vägverket 2004, Trafikverket 2012). Aikaisempiin ohjeisiin verrattuna sivusiirtymämatkojen minimiarvoja on pienennetty etenkin alemmilla nopeuksilla.



Kuva 17. Sivusiirtymä ja siihen tarvittava matka.



Kuva 18. Sivusiirtymiseen tarvittava matka sivusiirtymän funktiona eri viitenopeuksilla (nopeusrajoituksilla).

Norjalaisissa, tanskalaisissa ja saksalaisissa ohjeissa sivusiirtymänopeutta ei mainita.

### Suositus

Sivusiirtymänopeudelle ei ehdoteta asetettavaksi erityisiä raja-arvoja. Aiempaa maksimiarvoa 1 m/s voidaan käyttää tarkempien mitoitusohjeiden puuttuessa.

### Perustelut

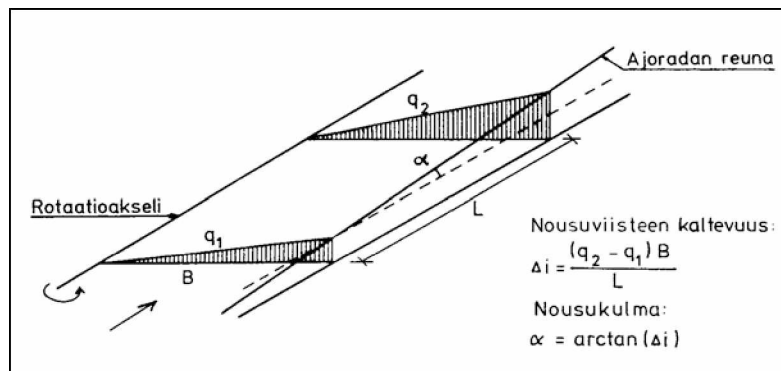
Yksiselitteisiä sivusiirtymisnopeuden raja-arvoja ei ole mielekästä määrittää, koska sivusiirtymisnopeutta oleellisempaa on sivukiihtyvyyden muutos, jonka raja-arvot on esitetty edellä. Käytetty sivusiirtymisnopeuden maksimiarvo 1 m/s soveltuu mitoitusperusteeksi lähinnä liittymäalueilla esim. kääntymiskaistojen suunnittelussa, mutta niidenkin mitoitukseen vaikuttaa ahtaissa paikoissa enemmän tarvittavan täyslevyisen kaistan pituus.

Kuvan 18 mukaiset sivusiirtymisnopeuden arvot ovat 3 metrin sivusiirtymällä 0,5 m/s ja 6 m sivusiirtymällä 0,8 m/s, kun viitenopeus on vähintään 70 km/h. Pienemmillä viitenopeuksilla sallitaan suuremmat sivusiirtymisnopeudet. Esim. 6 metrin sivusiirtymällä ja viitenopeudella 30 km/h sivusiirtymisnopeus on 1,1 m/s. Näidenkään perusteella ei voi perustella muutosta nykyisin käytettyyn raja- arvoon.

## 4.10 Nousuviiste ja rotaatio

Nousuviiste on ollut Suomessa käsitteenä aiemmissa suuntauksen suunnittelun ohjeissa mutta rotaatio on otettu käyttöön kaupunkialueiden pääväylien suunnitteluohjeissa. Suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa nämä käsitteet ovat molemmat mukana, tosin rotaatiosta käytetään termiä kulmanopeus.

Tien ja kadun sivukaltevuuden muutoskohdissa liikkuva ajoneuvo joutuu kiertoliikeseen ajoradan sivukaltevuuden kiertoakselin suhteen. Ajodynamiikan ja optisten näkökohtien kannalta tarpeellinen sivukaltevuuden vähimmäismuutosmatka määritetään mitoitusnopeuden ja nousuviisteen perusteella määräytyvän kulmanopeuden avulla. Nousuviisteellä (kuva 19) tarkoitetaan ajoradan reunan pituuskaltevuutta sivukaltevuuden kierto- eli rotaatioakseliin (yleensä tasausviiva) nähden (Liikennevi-rasto 2011b).



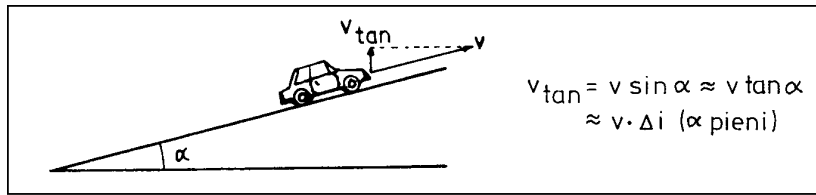
Kuva 19. Nousuviiste.

Nousuviisteen kaltevuus saadaan laskettua *kaavan 8* mukaan.

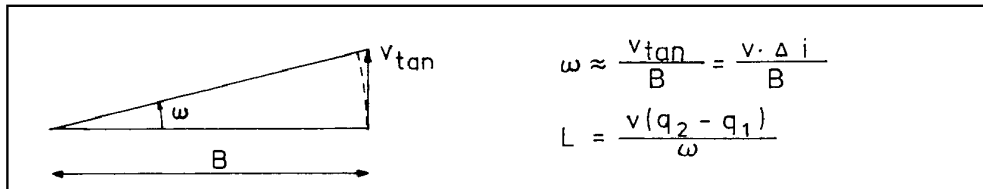
*Kaava 8*      
$$\Delta i = \frac{(q_2 - q_1) * B}{L}$$

$q_1$  ja  $q_2$     =    sivukaltevuudet kohdassa 1 ja 2  
 $B$             =    ajoradan reunan etäisyys rotaatioakselista  
 $L$             =    kohtien 1 ja 2 etäisyys toisistaan

Nousuviisteen, ajonopeuden ja kulmanopeuden eli rotaation välille voidaan muodostaa matemaattinen yhteys seuraavasti. Nopeudella  $v$  liikkuvan ajoneuvon rotaatioliikkeen kehänopeus  $v_{\text{tan}}$  on ajonopeuden pystysuora komponentti ( $v_{\text{tan}} \approx v \times \Delta i$ ). Kulmanopeus saadaan edelleen jakamalla kehänopeus rotaatioakselin etäisyydellä  $B$ . Kehänopeuden ja ajonopeuden välinen yhteys on esitetty kuvassa 20 ja rotaation sekä sen mitoittavan arvon perusteella määräytyvän sivukaltevuuden muutosmatkan laskenta-kaavat kuvassa 21 (Tielaitos 1991a).



Kuva 20. Rotaatioliikkeen kehänopeus.



Kuva 21. Rotaatio eli kulmanopeus.

Nousuviisteen kaltevuudelle eri laatuluokissa on suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa (Liikennevirasto 2011b) annettu taulukossa 31 esitetyt enimmäisarvot eri mitoitusnopeuksilla. Luvut perustuvat saksalaisiin ohjeisiin, joiden nykyiset arvot on myös esitetty taulukossa. Taulukon arvot on esitetty ohjeista poiketen prosentteina.

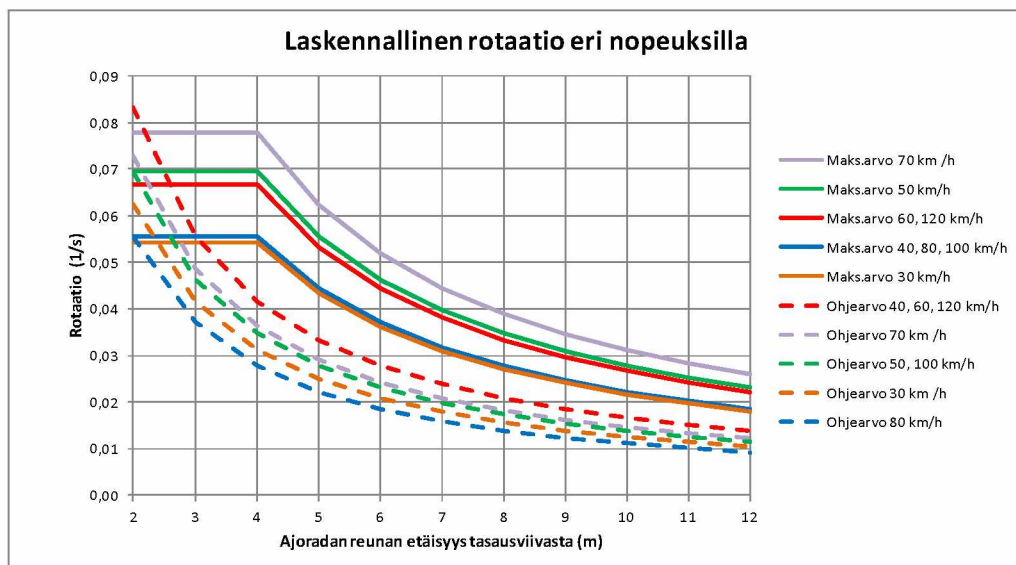
Taulukko 31. Nousuviisteen kaltevuus prosentteina  $\Delta i_{\max}$

Nopeus (km/h)	Nousuviisteen kaltevuus $\Delta i_{\max}$ (%)				
	Suomi: Ohje-/ enimmäisarvo, Hyvä/tydyttävä	B <sup>1)</sup> < 4m		B ≥ 4m	
		Suomi: Välttävä	Saksa	Suomi: Välttävä	Saksa <sup>2)</sup>
30	1,50	0,65 * B		2,6	
40	1,50	0,50 * B		2,0	
50	1,00	0,50 * B	0,50 * B	2,0	2,0
60	1,00	0,40 * B	0,40 * B	1,6	1,6
70	0,75	0,40 * B	0,40 * B	1,6	1,6
80	0,50	0,25 * B	0,25 * B	1,0	1,0
100	0,50	0,20 * B	0,225 * B	0,8	0,9
120	0,50	0,20 * B	0,225 * B	0,8	0,9

<sup>1)</sup> B = ajoradan reunan etäisyys rotaatioakselista.

<sup>2)</sup> saksalaisissa ohjeissa  $\Delta i$ :n minimiarvo on 0,10 \* B (käytetään kun sivukaltevuus  $q \leq 2,5$  %).

Kuvissa 20 ja 21 esitettyjen yhtälöiden avulla sekä taulukon 31 mukaisilla nousuviisteen kaltevuuksilla voidaan laskea rotaation eri laatuluokkien enimmäisarvot eri ajoradan reunaetäisyyksille. Näin saadut laskennalliset rotaatiot on esitetty kuvassa 22.



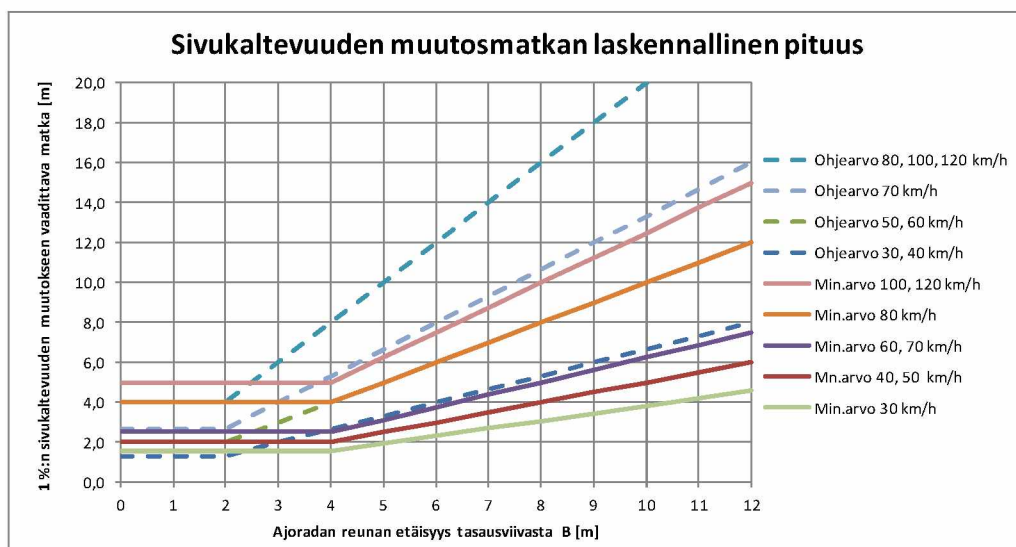
Kuva 22. Laskennallinen rotaatio eli kulmanopeus eri nopeuksilla.

Suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa on esitetty kulmanopeudelle keskimääräiset enimmäisarvokuvaajat eri laatutasoilla perustuen taulukon 31 perusteella valittuihin kiertoliikkeen kehänopeuksiin. Välttävän laatuluokan arvot vastaavat kuvan 22 maksimiarvoja nopeuksilla 40, 80 ja 100 km/h ja ohje-/enimmäisarvot kuvan ohjearvoja nopeuksilla 40, 60 ja 120 km/h.

Nousuviisteen tai rotaation (kulmanopeuden) avulla voidaan laskea sivukaltevuuden vähimmäismuutosmatkojen pituudet kaavalla 9. Kuvassa 23 ne on esitetty taulukon 31 ja kuvan 22 mukaisilla arvoilla laskettuna.

Kaava 9

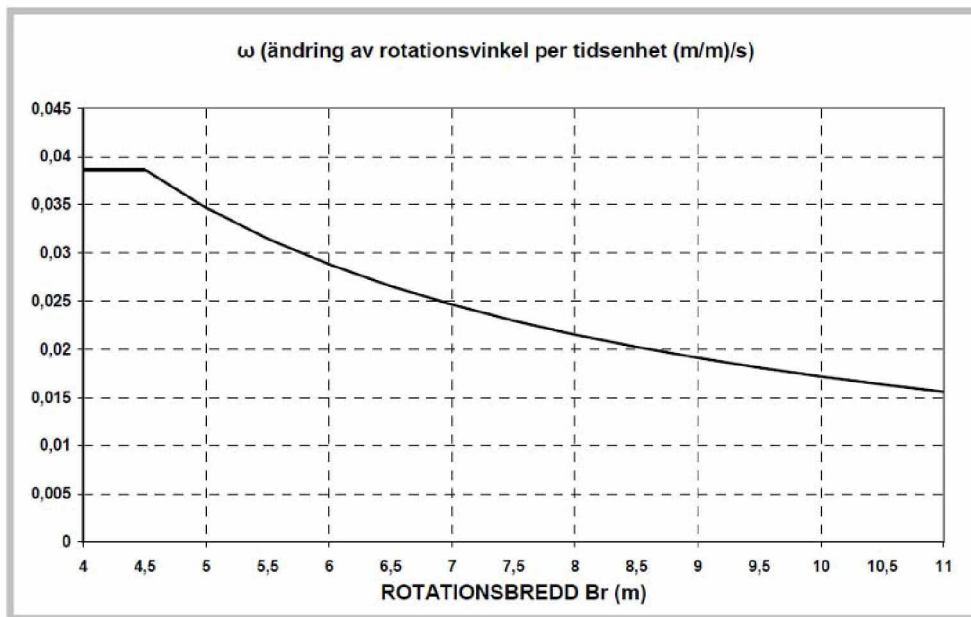
$$L = \frac{(q_2 - q_1) \cdot B}{\Delta i} = \frac{(q_2 - q_1) \cdot B}{\frac{\omega \cdot B}{v}} = \frac{v \cdot (q_2 - q_1)}{\omega}$$



Kuva 23. Laskennallisen rotaation avulla määritetty sivukaltevuuden muutosmatkan vähimmäispituus eri nopeuksilla ja ajoradan reunaetäisyyksillä.

## Ruotsi

Ruotsalaiset rotaatiota koskevat perusarvot on esitetty kuvassa 24. Nousuviisteen maksimikaltevuus on 0,5 %, kun nopeus > 60 km/h. Nopeudella 50 km/h vastaava arvo on 1,0 %, nopeudella 40 km/h 1,2 % ja nopeudella 30 km/h 1,5 %. Rotaatioarvot vastaavat suurin piirtein kuvan 22 suurimpia ohjearvoja, mutta ovat vastaavasti noin 30 % pienemmät kuin kuvan 22 pienimmät maksimiarvot.



Kuva 24. Rotaation perusarvo Ruotsissa.

## Norja ja Tanska

Norjalaisissa ja tanskalaisissa ohjeissa ei ole rotaatiokäsitettä. Norjassa sivukaltevuuden muutosmatkoista tehdyt esimerkkikuvat pohjautuvat klotoidin mitoittamiseen, mutta lukuarvoja ei ole määritetty. Tanskassa nousuviisteen maksimiarvoksi on annettu 0,6 % ja suositeltavaksi arvoksi 0,3 %. Käytettävällä arvolla on ohjeen mukaan suurin merkitys korkeilla nopeuksilla.

## Saksa

Saksalaisten suunnitteluohjeiden mukaan sivukaltevuuden muutoksen minimimatka voidaan laskea suoraan kaavan 9 ensimmäisestä osasta taulukon 31 nousuviisteen maksimiarvojen perusteella.

## Suositus

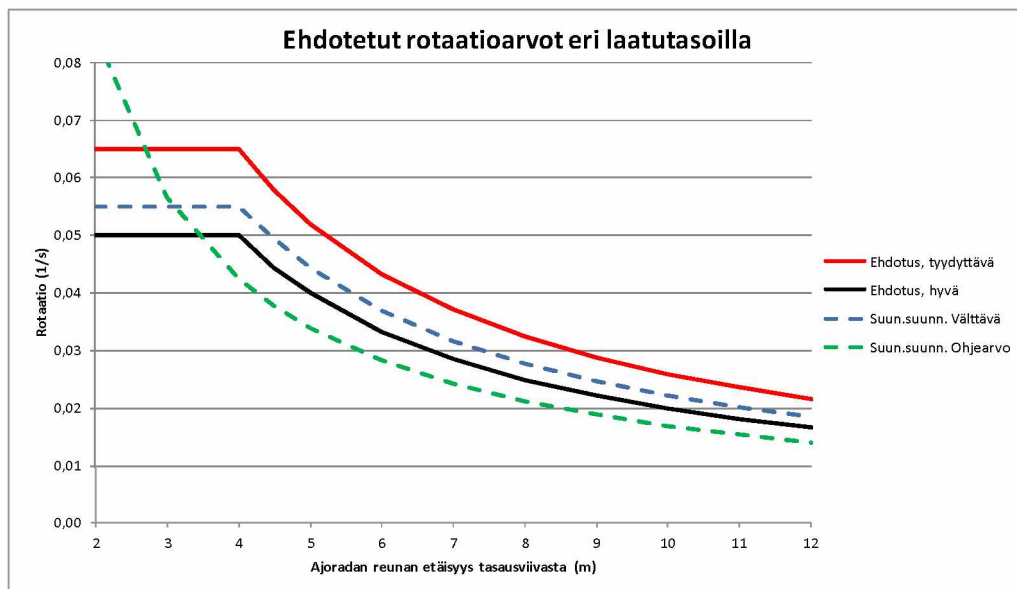
Mitoittavana tekijänä ehdotetaan käytettäväksi ensisijaisesti rotaatiota. Nousuviisteen maksimikaltevuus voidaan tarvittaessa laskea rotaation avulla, mutta sivukaltevuuden vähimmäismuutosmatkat voidaan määrittää suoraan rotaation avulla ilman erillisiä välilaskentoja. Taulukossa 32 on esitetty rotaation määrittämisessä tarvittavat, ehdotetut kulmanopeuden ja kehänopeuden enimmäisarvot eri laatutasoilla. Rotaation maksimiarvo voidaan laskea kaavalla 10.

Kaava 10 
$$\omega = \min \left( \omega_{\max}, \frac{v_{\tan}}{B} \right)$$

Taulukko 32. Rotaation maksimiarvojen määrittäminen eri laatutasoilla.

Laatutaso	Maksimiarvo $\omega_{\max}$ (1/s)	Kehänopeus $v_{\tan}$ (m/s)
Hyvä	0,050	0,20
Tyydyttävä	0,065	0,26

Ehdotetut rotaation maksimiarvot hyvällä ja tyydyttävällä laatutasolla on esitetty kuvassa 25. Kuvaan on myös piirretty suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa esitetyt rotaation ohje-/enimmäisarvot sekä välttävät arvot. Ohjeluonnoksen välttävät arvot vastaavat myös kaupunkialueiden pääväylien suunnitteluohjeissa esitettyjä arvoja.



Kuva 25. Ehdotetut rotaation enimmäisarvot eri laatutasoilla.

## Perustelut

Aiemmat suomalaiset sivukaltevuuden vähimmäismuutosmatkojen määrittämisperusteet ovat olleet epämääräiset. Toisaalta on käytetty mitoituksen lähtökohtana saksalaisia nousuviisteen kaltevuuksia ja niiden perusteella muodostettuja ruotsalaistyyppisiä rotaatiofunktioita. Näiden välinen riippuvuus on tunnettu ja laskettavissa, mutta molempia niistä ei tarvita. Rotaatio on luonteeltaan muita määriteltäviä perusraroja vastaava ajodynaaminen tekijä, joten sen valinta mitoitusperusteeksi on perusteltua. Saksalaistyyppisten nousuviistekaltevuuksien käyttäminen edellyttää lisäksi arvojen antamista mitoitusnopeuden ja rotaatioakselin suhteen, mikä on hankalaa.

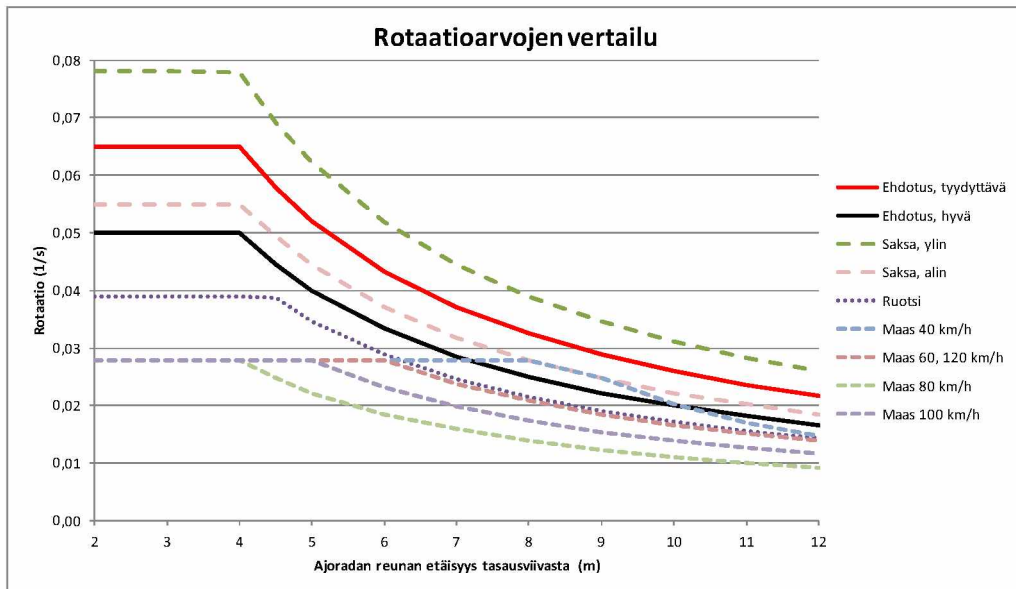
Koska rotaatio on luonteeltaan mukavuustekijä, voidaan sille määrätä laatutasosta riippuen eri arvot. Rotaatiota ei myöskään tarvitse määritellä erikseen eri nopeustasoille, koska nopeus huomioidaan sivukaltevuuden muutosmatkan minimiarvoja määritettäessä.



Aiempiin kaupunkialueiden pääteiden ohjeellisia rotaatioarvoja ja suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa esitettyjä ohje/enimmäisrotaatioarvoja ehdotetaan hyvällä laatutasolla kiristettäväksi noin 10 % ja tyydyttävällä laatutasolla vastaavasti lievennettäväksi noin 20 %.

Suosittelut rotaation enimmäisarvot sopivat varsin hyvin kansainväliseen nykykäyttöön, kun niitä verrataan nykyohjeiden nousuviistekaltevuuksia vastaaviin rotaatioarvoihin. Hyvän laatutason arvot antavat edelleen joustavamman mitoituksen kuin mihiin saksalainen nousuviistekaltevuuksiin perustuva mitoitus johtaa. Tyydyttävän laatutason arvot ovat saksalaisen mitoituskäytännön keskitasoa vastaavat. Aiempaan verrattuna enimmäisrotaatiota on kasvatettu jonkin verran, mutta etenkin maaseutu- teillä teiden muu geometrinen suunnittelu siirtymäkaarineen johtaa siihen, että sivukaltevuuden muutosmatkoja tarvitsee vain harvoin mitoittaa rotaation tyydyttävän laatutason mukaiseksi.

Kuvassa 26 on verrattu ehdotettuja enimmäisrotaatioarvoja nykyisiä suomalaisia maaseututeiden mitoitusohjeita ja kansainvälisiä ohjeita vastaaviin arvoihin.



Kuva 26. Ehdotettujen enimmäisrotaatioarvojen vertailu nykyohjeissa käytettyihin arvoihin.

Ehdotettujen rotaatioarvojen avulla voidaan laskea yksinkertaisesti myös kuvaa 23 vastaavat sivukaltevuuden muutosmatkojen vähimmäispituudet.

## 4.11 Tien pituus- ja sivukaltevuuden maksimiarvot

Tien pituus- ja sivukaltevuuksia ei aiemmissa suomalaisissa selvityksissä tai ohjeissa ole tarkasteltu erillisinä ajodynaamisina mitoitusperusteina vaan niille on määritetty suoraan suunnittelussa käytettävät maksimiarvot. Kansainvälinen käytäntö vaihtelee, joten tässä selvityksessä on tarkasteltu myös pituus- ja sivukaltevuuksien arvoja eri maissa.



Suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa on esitetty taulukon 33 mukaiset suurimmat sallitut pituuskaltevuudet tielinjalla eriluokkaisilla teillä ja taulukossa 34 vastaavat arvot liittymäalueilla.

Taulukko 33. Pituuskaltevuuden maksimi-arvot tielinjalla.

Tieluokka	Pituuskaltevuus (%)		
	Ohje-arvo tai hyvä	Enimmäisarvo tai tyydyttävä	Välttävä (taajama)
Moottori- ja moottoriliikennetie	4	5	5
Valta- ja kantatie	5	6	6
Seututie	7	9 (7 <sup>1</sup> )	7
Yhdystie	10	12 (10 <sup>1</sup> )	10 (12)

<sup>1</sup> Taajamassa

Taulukko 34. Päätien pituuskaltevuuden maksimi-arvot liittymien kohdalla.

Tieluokka	Pituuskaltevuus (%)						
	Eritasoliittymä		Tasoliittymä			Yksityistieliittymä	
	Ohje-arvo	Enimmäisarvo	Ohje-arvo	Enimmäisarvo	Välttävä (taajama)	Ohje-arvo	Enimmäisarvo
Moottori- ja moottoriliikennetie	3	3					
Valta- ja kantatie	3	4	3 (2,5 <sup>1</sup> )	4 (3 <sup>1</sup> )	4	4	5
Seututie			3 (2,5 <sup>1</sup> )	4 (3 <sup>1</sup> )	4	4	6
Yhdystie			4 (2,5 <sup>1</sup> )	6 (3 <sup>1</sup> )	4	6	8

<sup>1</sup> Taajamassa valo-ohjauksettomissa liittymissä. Valo-ohjauksissa liittymissä ohje-arvo on 1,5 % ja enimmäisarvo 2,5 %.

Kevyen liikenteen väylien suunnitteluohjeissa maksimipituuskaltevuus on määritelty laatutasoittain korkeuseroon ja kaltevan matkan pituuteen verrattuna. Pitkissä kaltevuusjaksoissa raja-arvo on hyvällä laatutasolla 3 %, tyydyttävällä 5,5 % ja välttävällä 8 %. Lyhyillä osuuksilla tai matalilla nousukorkeuksilla sallitaan suurempia pituuskaltevuuksia. Esteettömän ympäristön suunnittelun ohjekorteissa (SuRaKu 2008) maksimipituuskaltevuudeksi esitetään esteettömyystasosta riippuen joko 5 tai 8 %. Yli 6 metriä pitkät luiskat voivat olla enintään 5 % kaltevuudessa jollei luiskan keskellä ole tarvittavaa välitasannetta.

Suurimmat sallitut sivukaltevuuden arvot ovat suuntauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa taulukon 35 mukaiset. Taulukossa on esitetty myös viettokaltevuuden enimmäisarvot.

Taulukko 35. Ajouradan yksipuolisen sivukaltevuuden ja viettokaltevuu-  
den enimmäisarvot.

Tien luokka	Sivukaltevuuden enimmäisarvo (%)	Viettokaltevuu- den enimmäisarvo (%)
Moottori- ja moottoriliikennetie	5,0	6,0
Valta- ja kantatie	6,0	7,0
Seututie	6,0	10,0
Yhdystie	7,0	13,0

Pienissä ja keskisuurissa kiertoliittymissä ulospäin kallistettavan ajouran sivukaltevuuden ohjearvo on 2,5 %.

Kevyen liikenteen väylien suunnitteluohjeissa sivukaltevuuden normaaliarvo on 2 %. SuRaKu-ohjekorteissa esitetään sivukaltevuuden maksimi-  
arvoksi esteettömyystasosta riippuen joko 2 tai 3 %.

### Ruotsi

Ruotsalaisissa ohjeissa pituuskaltevuuden enimmäisarvot on määritelty erikseen maaseudulle ja taajamiin. Taajamissa on lisäksi eroteltu pääverkko ja paikallisverkko, joista jälkimmäinen vielä erikseen mitoitussajoneuvoittain. Taulukossa 36 on esitetty tärkeimmät pituuskaltevuuden raja-arvot.

Taulukko 36. Pituuskaltevuuden maksimi-  
arvot Ruotsissa.

Tie- tai katuluokka	Hyvä standardi	Vähemmän hyvä standardi	Matala standardi
Maaseutu	6 %	7 %	8 %
Taajamien pääväylien liittymät	2,5 %	3,5 %	9 %
Taajamien pääväylien linjaosuudet	6 %	8 %	9 %
Kadut joilla mitoitussajoneuvona on esim. ajoneuvoyhdistelmä (tasoero ≥ 2 m)	6 %	8 %	10 %
Kadut joilla mitoitussajoneuvona on esim. telilinja-auto (tasoero ≥ 2 m)	7 %	10 %	12 %
Kadut joilla mitoitussajoneuvona on esim. henkilöauto (tasoero ≥ 2 m)	8 %	12 %	≥ 12 %

Kevyen liikenteen väylillä maksimi-  
arvot eri laatutasoilla ovat suuruusluokissa 2, 4 ja 6 %, kun nousukorkeudet ovat suuria.

Sivukaltevuuden maksimi-  
arvo on yleensä 5,5 %, mutta viitenopeudella 50 km/h vain 4,0 %. Viettokaltevuu-  
den maksimi-  
arvot ovat linjaosuuksilla laatutasosta riippuen vä-  
lillä 8 - 10 % ja liittymissä 5 %.

## Norja

Norjalaisissa ohjeissa on määritelty tieluokittain viettokaltevuu- den maksimiarvot, jotka vaihtelevat välillä 9,5–11,3 %. Tärkeimmillä väylillä raja-arvo on 10 %. Pituus- kaltevuuksina nämä vastaavat 5–8 %:n kaltevuuksia. Taulukossa 37 on esitetty tärkeimpien tieluokkien maksimikaltevuuksia.

Taulukko 37. Pituus- ja viettokaltevuu- den maksimiarvoja Norjassa.

Tie- tai katuluokka	Pituuskaltevu- den maksimi	Viettokaltevuu- den maksimi
Maaseudun runkotiet ja muut päätiet (luokat S1 - S8)	6 %	10 %
Maaseudun runkotiet ja muut päätiet (luokka S9 , KVL > 20 000, nopeusrajoitus 100 km/h)	5 %	9,5 %
Muut päätiet (luokat H1 ja H2*, KVL < 4000, nopeusrajoitus 80 km/h)	8 %	11,3 %
Kokoojatie (luokat Sa1 ja Sa2, nopeusrajoitus 50 km/h)	6 %	10 %
Kokoojatie (luokat Sa3 ja H2*, nopeusrajoitus 80 km/h)	8 %	11,3 %
Yhdystiet (luokat A1, A2 ja A3)**	8, 6 ja 8 %	9,5, 10 ja 11,3 %
Taajamien kadut	8 %	9,5 %

\* H2 käytetään sekä muilla pääteillä että kokoojateilla

\*\*A1=asuinalueen tie, A2=teollisuustie, A3=harvaan asutun alueen tie

Runko- ja pääteiden liittymien kohdalla pituuskaltevuuden raja-arvo on 5 %. Alemmilla tieluokilla ja kaduilla pituuskaltevuuden raja-arvoa liittymäkohdilla ei ole erikseen määritetty. Sivukaltevuuden maksimiarvoja ei myöskään ole määritetty. Kevyen liikenteen väylien pituuskaltevuuksien maksimiarvot vaihtelevat välillä 3,5–10 % nousun pituudesta riippuen.

## Tanska

Tanskalaisissa ohjeissa ei ole selkeitä pituuskaltevuuden raja-arvoja eri teille, mutta suuremmilla nopeusluokilla vaaditaan muita alemmat pituuskaltevuudet. Uusilla teillä pituuskaltevuuden raja-arvona on 6 %. Liittymien kohdalla yleinen raja-arvo on 2,5 %. Kevyen liikenteen väylillä pituuskaltevuuden raja-arvo vaihtelee välillä 3–5 % kaltevuusjakson pituudesta riippuen. Sivukaltevuuden ja viettokaltevuu- den maksimiarvoina on 7 %.

## Saksa

Saksalaisten ohjeiden mukaan maksimipituuskaltevuudet riippuvat suoraan mitoit- tusnopeudesta ja ovat maaseudun teillä välillä 4–9 % sekä taajamissa 5–12 %. Moot- toriteillä maksimiarvot vaihtelevat tieluokasta riippuen välillä 4–6 %. Sivukaltevu- den maksimiarvo on muilla kuin moottoriteillä 8 % ja viettokaltevuu- den arvo 10 %. Vastaavat arvot moottoriteillä ovat 6 % (poikkeustilanteissa 7 %) ja 9 %.

## Suositus

Tehtyjen tarkastelujen perusteella ei voida antaa uusia suosituksia pituus- ja sivukaltevuuksien maksimiarvoista. Jos niitä kuitenkin halutaan käsitellä mitoitusperusteina, niin yhtenä vaihtoehtona olisi kytkeä ne tien mitoitusnopeuteen eikä tieluokkaan. Samalla ne voidaan kytkeä laatuluokkiin ja tarvittaessa määritellä erikseen maaseutu ja taajamaolosuhteisiin. Kevyen liikenteen väylien mitoituksessa käytetty tyydyttävä pituuskaltevuuden raja-arvo 5,5 % voidaan laskea 5,0 %:iin. Muita muutoksia ei esitetä.

## Perustelut

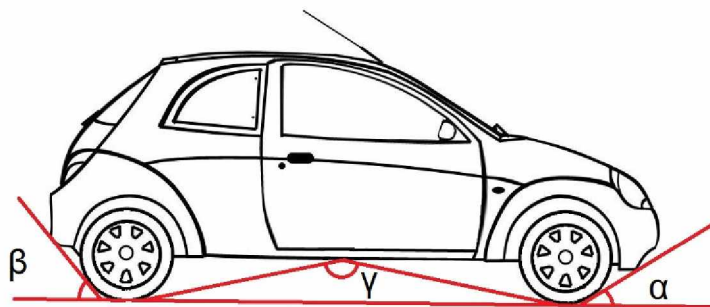
Nykyiset tieluokkaan sidotut pituus- ja sivukaltevuuden maksimiarvot johtavat samalla mitoitusnopeudella jossain määrin erilaiseen mitoitukseen eriluokkaisilla teillä. Mitoitusnopeuteen sitomista tukee myös esimerkiksi pysähtymismatkojen määrittely. Kaltevuuksien raja-arvot voivat olla erilaiset taajamissa ja maaseudulla mm. liikenneympäristön, mitoittavien ajoneuvoja ja kuivatusjärjestelyjen takia.

Kevyen liikenteen mitoitus tapa vastaa kansainvälistä käytäntöä, eikä sitä ole syytä muuttaa muuten kuin SuRaKu-ohjekorteissa annetun pituuskaltevuustason 5 % osalta. Arvojen muu tarkistaminenkin edellyttäisi laajempaa selvitystä koskien etenkin eri käyttäjäryhmien tarpeita.

## 4.12 Ajoneuvojen maavara ja pituuskaltevuuden taitteet

Tien pituuskaltevuuden muutokset tehdään yleensä suurisäteisten pyöristyskaarien avulla, jolloin autojen maavaroilla ei ole merkitystä. Tietyissä erikoistilanteissa, kuten hidasteissa, reunakivien ylityskohdissa, kiertoliittymien korotusosissa ja pysäköintilaitoksissa maavaraan liittyvät tarkastelut ovat tarpeen. Lisäksi maavaralla on merkitystä etenkin suurien erikoiskuljetuksia koskevissa tarkasteluissa.

Maavaralla tarkoitetaan yleensä pystysuoraa etäisyyttä maan pinnan ja ajoneuvon alimman osan välillä. Maavaraan liittyvät läheisesti myös kuvassa 27 esiintyvät termit.



Kuva 27. Maavaraan liittyvät lähestymis-, jättö- ja ramppikulmat.

**Lähestymiskulma  $\alpha$**  tarkoittaa ajoneuvon suurinta mahdollista kohtauskulmaa, jossa sen kori ei koske maahan. Lähestymiskulma on renkaan pinnan ja korin etupään alimman ulokkeen, yleensä puskurin, kautta kulkevan tangentoivan suoran sekä tien pinnan välinen kulma. Kulma määrittää, kuinka jyrkälle rampille tai muulle esteelle ajoneuvolla on mahdollista nousta.

**Jättökulma  $\beta$**  tarkoittaa ajoneuvon taimman renkaan pinnan ja takapään matalimman ulokkeen, yleensä puskurin tai pakoputken, kautta kulkevan tangentoivan linjan sekä maanpinnan välistä kulmaa. Kulma ilmaisee ajoneuvon kykyä kulkea töyssyn tai muun esteen ylitse ilman että kori koskettaa esteeseen.

**Ramppikulma  $\gamma$**  eli ylityskulma mittaa ajoneuvon kykyä kulkea töyssyn tai muun esteen yli ilman että sen pohja koskee maahan. Se tarkoittaa kahden etu- ja takapyöriä tangentiaalisesti sivuavan ja akselien puolivälissä pohjan alimmassa kohdassa toisensa leikkaavan suoran välistä kulmaa. Ramppiluiskan sisäkulmalla tarkoitetaan lähötason ja rampin välistä kulmaa.

Ajoneuvojen pienintä maavaraa ei ole erikseen säädetty. Auton rakenteen muuttamista koskevan Liikenneministeriön päätöksen (779/1998) mukaan muutetun ajoneuvon maavaran on kuitenkin oltava vähintään 8 cm. Useimpien henkilöautojen maavarat ovat välillä 10 - 20 cm. Normaalien linja-autojen maavarat ovat minimissään 20 cm ja matalalattiabusseilla ne voivat olla akselien kohdalla 10 cm.

Kaupunkiliikenteen linja-autoille on annettu maavaraan liittyville kulmille seuraavat suositukset: lähestymiskulma  $6,0^\circ$  ja jättökulma  $7,0^\circ$ . Ilman pyöristyskaarta toteutettavien taitteiden maksimikaltevuudet voivat olla enintään 4 %. Näillä arvoilla varmistetaan linja-autoille vielä 5 cm maavara (PLL 2010).

Erikoiskuljetusajoneuvoista tavanomaisten koneenkuljetuslavettien maavara on alimmillaan noin 20 cm. Yliajettavien kiveysten korkeus ei tällöin voi olla suurempi kuin 15 cm (esim. yliajettavat kiertoliittymät). Suurimmilla erikoiskuljetusyksiköillä kuorman alapinnan ulottumakohta voi olla normaalia kaidekorkeutta ylempänä, mutta liikennemerkit ja valaisinpylväät saattavat rajoittaa ajoneuvon liikkumista ahtaissa poikkileikkauksissa ja liittymissä.

### Suositus

Maavaroista, pituuskaltevuuden taitteista ja korokeyksyksistä ei nyt anneta suosituksia. Paikallisliikenneliiton ohjeessa esitetyt arvot voidaan kuitenkin ottaa käyttöön ainakin taajamien keskustateilla ja kaduilla.

Jos ajoneuvojen mitoista kerätään muussa yhteydessä tilastollisia tietoja mitoitusajoneuvojen tarkistamista varten, kannattaa samalla kerätä myös tiedot niiden maavaroista.

### Perustelut

Käytettävissä ollut aineisto ei ole riittävä tarkempien suositusten tekoon.

## 5 Näkemien määrittämisen perusarvot

### 5.1 Yleistä

Näkemällä tarkoitetaan ajorataa pitkin mitattua matkaa, minkä etäisyydelle ajoneuvon kuljettaja voi nähdä ajoradalla olevan esteen minkään rakenteen, leikkausluiskan, kasvillisuuden, lumen tms. estämättä. Liikenneturvallisuus, liikenteenvälityskyky ja liikenteen sujuminen edellyttävät väylältä tiettyjä miniminäkemä mm. ajoneuvon turvallista pysäyttämistä, väylälle liittymistä ja toisen ajoneuvon ohittamista varten.

Liikenneteknisessä näkemäsuunnittelussa ja -tarkastelussa käytettävät näkemät ovat:

- pysähtymisnäkemä
- kohtaamisnäkemä
- ohitusnäkemä
- liittymisnäkemä
- päätöksentekonäkemä.

Näkemien määrittämiseen liittyvillä perusarvoilla tarkoitetaan mittoja, jotka kuvaavat tienkäyttäjien, ajoneuvojen ja mahdollisten tiellä olevien esteiden ominaisuuksia. Näitä perusarvoja ovat esimerkiksi silmäpiste-, este- ja ajovalokorkeus sekä näkemäkulma. Perusarvojen avulla määritetään näkemien edellyttämiä minimiarvoja tien geometrialle.

Silmäpiste- ja estekorkeus vaikuttavat erityisesti kuperan taitteen pyöristyskaaren minimisäteeseen, jolla saavutetaan tien jokaisessa kohdassa tarvittava pysähtymisnäkemä. Tutkimuksissa on painotettu silmäpistekorkeuden suhteellisen vähäistä vaikutusta näkemätarkasteluissa ja todettu mitoitusnopeuden, käytettävän kitkakertoimen sekä reaktioajan vaikutusten pysähtymismatkoihin olevan silmäpistekorkeutta oleellisempia. (VTT 1985).

Kuperan pyöristyskaaren minimisäde voidaan laskea tarvittavan pysähtymisnäkemän, estekorkeuden, silmäpistekorkeuden ja näkemäkulman perusteella *kaavan 11* mukaan.

$$\text{Kaava 11} \quad S = \frac{L^2}{2 \cdot (\sqrt{h_s} + \sqrt{h_e - 0,0003 \cdot L})^2}$$

$S$  = pyöristyskaaren säde (m)

$L$  = pysähtymisnäkemä (m)

$h_s$  = silmäpistekorkeus (m)

$h_e$  = estekorkeus (m)

## 5.2 Silmäpisteen korkeus

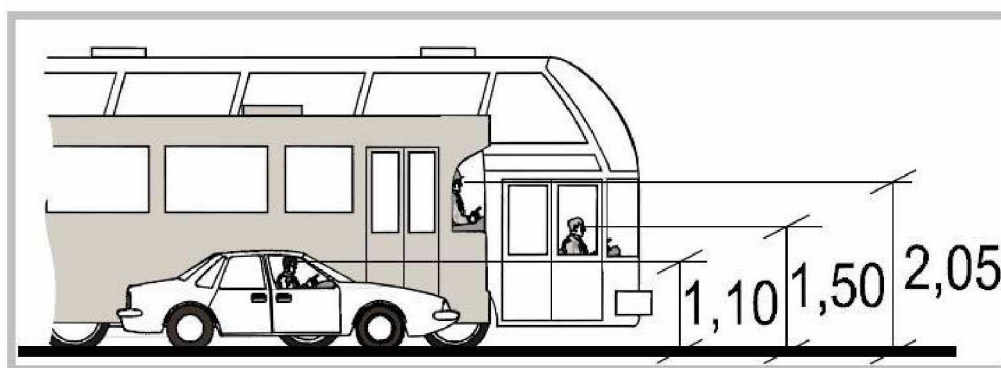
Silmäpisteen korkeudella tarkoitetaan ajoneuvon kuljettajan silmän ja ajoradan pinnan välistä pystysuoraa etäisyyttä. Geometrisessa suunnittelussa korkeutena käytetään yleensä matalimpien ajoneuvojen eli henkilöautojen perusarvoa. Joukkoliikenteen käyttämillä väylillä voidaan käyttää lisäksi linja-autojen perusarvoa. Kuorma-auton kuljettajilla silmäpistekorkeus on suurempi ja näkemä kuperissa taitteissa siten pidempi kuin henkilöauton kuljettajilla. Kuorma-autonkuljettajan silmäpistekorkeus voi tulla mitoittavaksi näkemätarkasteluissa koverissa taitteissa, jolloin esimerkiksi tunnelien laki, portaalit, puut ym. näkemäesteet lyhentävät näkemää.

### Suomi

Suomessa käytetään tasauksen suunnittelussa ja muissa näkemätarkasteluissa peruskorkeutena matalimman ajoneuvon eli henkilöauton perusarvoa 1,10 metriä. Kuorma-auton kuljettajan silmäpistekorkeus on 3,0 metriä ja linja-auton kuljettajan 2,05 metriä. Matalalattiaisen linja-auton kuljettajan silmäpistekorkeus on 1,75 metriä. Linja-auton kuljettajan silmäpistekorkeutta ja turvalliseen hidastuvuuteen perustuvia pysähtymismatkoja käytetään näkemätarkasteluissa sellaisia taajamaväyliä suunniteltaessa, joilla liikennöivissä linja-autoissa on seisovia matkustajia (Liikennevirasto 2011b). Polkupyöräilijän silmäpistekorkeus on aikuisella 1,50 metriä ja lapsella 0,80 metriä ja jalankulkijan silmäpistekorkeus 0,8–1,8 metriä. Jalankulun osalta tarkistetaan myös, ettei näkemäalueella ole esteitä, jotka peittävät jalankulkijan näkymisen tai näkemän (Tiehallinto 1998).

### Muut maat

Silmäpisteen korkeuden mitat on ruotsalaisissa ohjeissa määritetty kuvan 28 mukaisesti. Jalankulkijoille ja pyöräilijöille määritellyt silmäpisteen korkeudet riippuvat käytettävästä laatuluokasta (Vägverket 2004).



Kuva 28. Silmäpisteen korkeuden mitat eri ajoneuvotyypeille (Vägverket 2004).

Eri maissa käytettäviä silmäpistekorkeuksia on vertailtu taulukossa 38.

*Taulukko 38. Silmäpistekorkeuksia eri maiden ohjeissa.*

Mitoitus- yksikkö	Silmäpistekorkeus [m]					
	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska	Saksa	Yhdysvallat <sup>1</sup>
Henkilöauto	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,08
Linja-auto	2,05	2,05	2,55	-	-	
Kuorma-auto	3,0	-	2,7	2,5	-	2,33
Pyöräilijä	1,5	hyvä 1,0 väh.hyvä 1,15	1,5	1,0	-	
Jalankulkija	0,8 - 1,8	matala 1,5	-	1,0	-	

<sup>1</sup> Trafitec 2008

### Tutkimuksia

Tanskalaisessa tutkimuksessa vuodelta 2008 (Trafitec 2008) on koottu maailmalla tehtyjä selvityksiä henkilöautojen ja kuorma-autojen yleisimmistä silmäpistekorkeuksista. Suurin osa tutkimuksista on yhdysvaltaisia. Tutkimusten mukaan henkilöautojen yleisimmät silmäpistekorkeudet ovat 1,10–1,20 metrin välillä. Tutkimusten tuloksia on esitetty taulukossa 39.

*Taulukko 39. Tuloksia silmäpistekorkeuksista koskevista selvityksistä (Trafitec 2008).*

Selvitys	Silmäpistekorkeus [m]							
	Henkilöauto				Kuorma-auto			
	Medi- aani	15 %	Min	Max	Medi- aani	15 %	Min	Max
CIA 2008, USA	1,20				2,20			
Sivak 1997, USA	1,11				pienet 1,42			
Olson et al. 1984, USA	1,10							
Cobb, 1990, UK	1,14		1,00	1,58	pienet 1,63 suuret 2,33		pienet 1,07 suuret 1,89	pienet 2,21 suuret 2,70
Fitzpatrick et al. 1998, USA	1,15	1,09			pakettiautot 1,48 suuret 2,45	pakettiautot 1,33 suuret 2,34		
Barker, 1987, Australia	1,13	1,07						



## Suositus

Silmäpisteen korkeuksiin ei esitetä muutoksia. Mitoittavina silmäpisteen korkeuksina suositellaan edelleen käytettäväksi henkilöautoille 1,10 metriä, linja-autoille 2,05 metriä, polkupyörille 0,8–1,5 metriä ja jalankulkijoille 0,8–1,8 metriä. Matalalattiaisten linja-autojen kuljettajan silmäpisteen korkeutta 1,75 metriä voidaan tarvittaessa käyttää taajama-alueiden joukkoliikenneväylien suunnittelun lähtökohtana. Kuorma-autojen kuljettajan silmäpisteen korkeutena voidaan edelleen käyttää 3,0 metriä, mutta sen alentaminen 2,5 metriin voisi olla perusteltua.

Silmäpistekorkeuden määrittämistä erikseen eri laatutasoille ei esitetä. Jos ajoneuvojen mitoista kerätään muussa yhteydessä tilastollisia tietoja mitoitusajoneuvojen tarkistamista varten, kannattaa samalla kerätä myös tiedot niiden silmäpistekorkeuksien vaihteluväleistä.

## Perustelut

Henkilöautojen keskikorkeus ei ole juurikaan muuttunut 1970-luvulta, jolloin Suomessa määritettiin kuljettajan silmäpisteen korkeudeksi 1,1 metriä. Uudempien kansainvälisten tutkimustulosten perusteella tätä voidaan edelleenkin pitää henkilöautojen mitoittavana silmäpistekorkeutena.

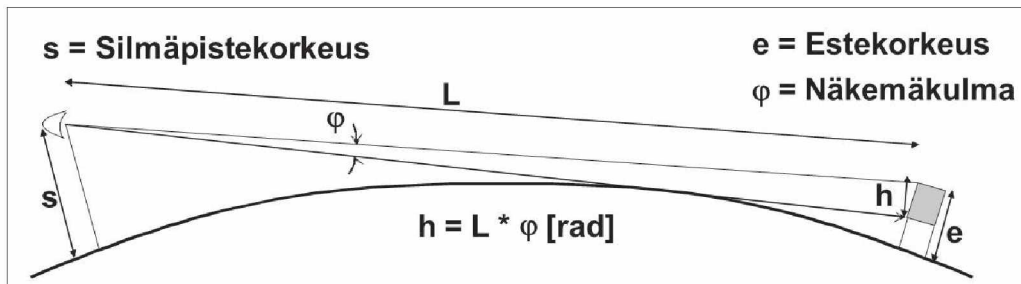
Linja-autoille voidaan normaalisti käyttää 2,05 metrin silmäpistekorkeutta. Kaksi- ja puolitoistakerroksisissa linja-autoissa kuljettaja istuu tätä alempana, mutta niitä käytetään lähinnä kaukoliikenteessä eikä seisovia matkustajia yleensä ole. Tämän vuoksi niille ei myöskään yleensä tarvitse tehdä erillistä näkemätarkastelua.

Kuorma-autoissa kuljettajan silmäpisteen korkeus on suurempi kuin muissa ajoneuvoissa. Tämä kompensoi kuorma-autojen ja yhdistelmäajoneuvojen varsinkin talviolosuhteissa tarvitsemia henkilöautoja pidempiä pysähtymismatkoja eikä erillistä näkemätarkastelua yleensä tarvita.

Ruotsalaisissa ohjeissa käytetty laatutasoluokitus jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden osalta perustuu erilaisiin mitoitusyksiköihin. Hyvässä laatutasossa mitoitusyksikön esimerkkinä on 6-vuotias seisova lapsi ja vähemmän hyvässä laatutasossa aikuinen pyörätuolia käyttävä nainen. Matalaa laatutasoa kuvaa normaali aikuinen ihminen. Silmäpisteen korkeudet ovat kuitenkin ensisijaisesti turvallisuustekijöitä, joihin laatutasoajattelu ei kovin hyvin sovellu.

## 5.3 Estekorkeus ja näkemäkulma

Estekorkeutta käytetään erityisesti mitoittamaan tasausviivan kuperien pyöristyskaarien säteiden minimiarvoja. Esteen korkeus mitataan ajoradan pinnasta pystysuorana korkeutena. Jotta ajoneuvon kuljettaja kykenee havaitsemaan ja tunnistamaan esteen, tulisi esteestä näkyä riittävän suuri osa. Näkyvän osuuden tulee olla vähintään silmän normaalin näkemäkulman mukainen, jotta esteen pystyy tunnistamaan. Näkemäkulman suuruuteen vaikuttaa mm. silmien kunto, näkemäolosuhteet sekä esteen ja taustan välinen kontrasti. Näkemäkulman perusarvona käytetään 1 kaariminuuttia ( $1^\circ/60 = 0,00029$  rad), joka vastaa käytännössä normaalin silmän näkemäkulmaa päivänvalossa. Silmäpiste- ja estekorkeus sekä näkemäkulma on havainnollistettu kuvassa 29.



Kuva 35. Jalankulkijan ja pyöräilijän liikkumisvarat, liikennetila ja vapaa tila.

## Suomi

Suomessa pysähtymisnäkemä koskevissa tarkasteluissa käytetään estekorkeutena 0,2 metriä. Pysähtymisnäkemän mitoituksessa käytettävän estekorkeuden perusarvosta vähennetään näkemäkulman edellyttämä osuus. Näkemäkulman perusarvo on 1 kaariminuutti. Kaksiajorataisilla väylillä, lukuun ottamatta moottori- ja moottoriliikenneteitä, käytetään estekorkeutena 0,35 metriä (takavalojen korkeus) vähennettynä yhden kaariminuutin määrittelemällä osuudella. Tällaisia tieosuuksia ovat mm. keski-kaiteelliset kaksikaistaiset ohituskaistaosuudet. Kaikki näkemätarkasteluissa käytettävät estekorkeudet on esitetty taulukossa 40 (Liikennevirasto 2011b).

Taulukko 40. Näkemätarkasteluissa käytettävät estekorkeudet.

Kohde	Estekorkeus (m)	Käyttö
Este ajoradalla	0,00	Päätöksentekonäkemä
	0,20	Pysähtymisnäkemä
	0,35 (takavalojen korkeus)	Pysähtymisnäkemä ainoastaan moottoriajoneuvoliikenteelle tarkoitetuilla kaksiajorataisilla teillä (ei moottori- ja moottoriliikennetie)
Ajovalot	0,60	Liittymisnäkemä Ohitusnäkemä
Ajoneuvo (silmäpiste)	1,10	Kohtaamisnäkemä

Kevyen liikenteen väylillä estekorkeus on kuperassa taitteessa 0,40 metriä. Muualla pyöräilijän on kuitenkin nähtävä väylän pinta (Tiehallinto 1998).

## Ruotsi

Ruotsissa käytetään 0,20 m estekorkeutta, lukuun ottamatta moottoriteitä (mitoitusti liikenne < 15 000 ajon/vrk), joissa käytetään 0,35 metrin estekorkeutta. Myös Ruotsissa esteen näkyvän osuuden tulee olla vähintään 1 kaariminuutti.

## Norja ja Tanska

Norjassa näkemäkulman avulla on laskettu vakioarvo, joka esteestä pitää näkyä. Tämä arvo on 5 senttimetriä, joka lisätään varsinaiseen estekorkeuteen. Norjassa näkemätarkastelujen estekorkeus on 0,25 metriä ja mitoittava estekorkeus siten 0,30 metriä (Statens vegvesen 2008). Viiden senttimetrin lisäys vastaa yhden kaariminuutin

näkemäkulmaa, kun etäisyys esteeseen on 160–170 metriä. Tanskalainen käytäntö vastaa norjalaista, mutta estekorkeus on näkemätarkasteluissa 0,15 metriä ja mitoitettava estekorkeus 0,20 metriä (Trafitec 2008).

### Suositus

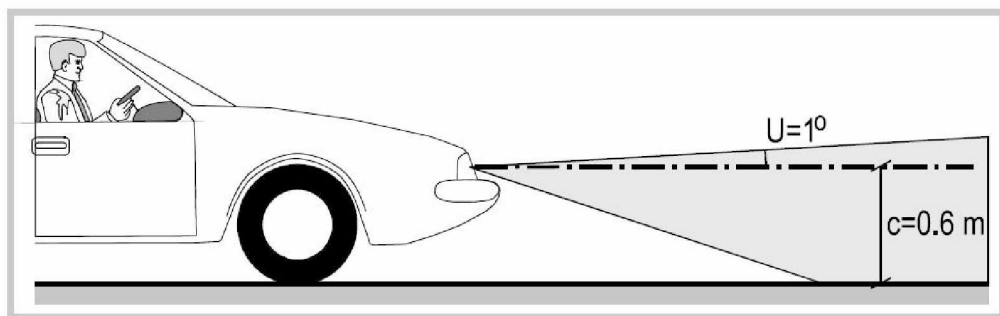
Estekorkeuksien arvoihin ei esitetä muutoksia. Korkeamman 0,35 metrin estekorkeuden käyttöä myös moottoriteiden pysähtymisnäkemätarkasteluissa kannattaa kuitenkin harkita.

### Perustelut

Estekorkeutena voidaan käyttää 20 cm, koska sitä matalammat esteet eivät yleensä aiheuta vakavia vaaratilanteita. Esteestä tulisi olla näkyvissä vähintään 1 kaariminuutin näkemäkulmaa vastaava osa, jolloin esteen etäisyyden vaikutus tulee huomioitua.

## 5.4 Ajoneuvon korkeus ja ajovalojen sijainti

Ajoneuvon korkeus ja ajovalojen korkeusasema mitataan pystysuorana etäisyytenä ajoradan pinnasta. Ajoneuvokorkeutena käytetään näkemätarkasteluissa todellista korkeutta pienempää laskennallista arvoa, jolla varmistetaan, että ajoneuvo on riittävän hyvin havaittavissa. Ajovalojen valaisukulma tarkoittaa ajovalokeskiön kautta kulkevan vaakasuoran tason ja lähivalojen tämän tason yläpuolelle suuntautuvan valonsäteilyn välistä kulmaa kuvan 30 mukaisesti. Pimeän aikana valaisemattomalla, linjaukseltaan suoralla tiellä kuljettajan näkyvissä olevan tien osan pituus riippuu ajoneuvon valonheitinten tehosta, sijainnista korkeussuunnassa ja suuntauksesta sekä pyöristyskaaren säteestä.



Kuva 30. Ajovalojen korkeusasema ja valaisukulma (Vägverket 2004).

Ajovalojen korkeusasemaan ja valaisuun perustuva mitoitus on perusteltu lähinnä alhaisilla mitoitusnopeuksilla, koska käytännössä lähivalojen tehokas valaisumatka on 50–80 metriä ja kaukovalojen 100–150 metriä. Taulukossa 41 on esitetty suunnittelussa käytettävät ajoneuvokorkeudet ja ajovalojen sijainti korkeussuunnassa Suomessa ja muissa maissa.

Taulukko 41. Ajoneuvon mitoittava korkeus ja ajovalojen mitoittava korkeusasema Suomessa ja eri maissa.

	Korkeus tai korkeusasema [m]					
	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska	Saksa	Yhdysvallat <sup>1</sup>
Ajoneuvon korkeus	1,1	- <sup>2</sup>	1,25	1,0	1,0	1,33
Ajovalojen sijainti	0,6	0,6				

<sup>1)</sup> Trafitec 2008, <sup>2)</sup> Ruotsissa ei ole määritetty mitoittavaa ajoneuvokorkeutta.

## Suomi

Suomalaisissa ohjeissa ajoneuvon korkeus on mitoittava tekijä kohtaamisnäkemätarkasteluissa. Ajovalojen sijaintikorkeus on mitoittavana liittymis- ja ohitusnäkemien määrittämisessä. Ajoneuvon korkeutena käytetään suunnittelussa henkilöauton silmäpistekorkeutta 1,1 metriä, jolloin 1,35 metriä korkea mitoitusajoneuvo näkyy mitoitustilanteen etäisyydeltä ainakin yläosaltaan. Ajovalojen sijaintikorkeutena käytetään 0,6 metriä.

Kevyen liikenteen väylien suunnittelussa ajovalojen sijaintikorkeutta (0,6 metriä) korkeampia esteitä ei saa olla näkemäalueella.

## Ruotsi

Ruotsalaisissa suunnitteluohjeissa mitoitusajoneuvon korkeus on 1,5 metriä. Näkemätarkasteluissa ei kuitenkaan käytetä ajoneuvon korkeutta, vaan mm. kohtaamis- ja ohitusnäkemätarkasteluissa esteen korkeutena käytetään 0,6 metriä eli henkilöauton ajovalojen asennuskorkeutta (Vägverket 2004).

## Norja

Norjassa käytetään ajoneuvon korkeutena 1,35 metriä näkemiä määritettäessä. Vastaantulevasta ajoneuvosta tulee olla näkyvissä vähintään 1 kaariminuutin näkemäkulmaa vastaava osa eli noin 0,10 metriä, jolloin mitoittavan ajoneuvon korkeus on näkemätarkasteluissa 1,25 metriä (Statens vegvesen 2008).

## Tanska

Tanskalaisissa ohjeissa mitoittavan ajoneuvon korkeus näkemätarkasteluissa on 1,0 metriä ja ajoneuvon korkeus 1,25 metriä (Trafitec 2008).

## Saksa

Saksassa ajoneuvon korkeus suunnittelussa on 1,5 m, mutta vähintään 0,5 metriä ajoneuvosta tulee näkyä, jolloin mitoittava korkeus on 1,0 metriä (Trafitec, 2008).

## Suositus

Ajoneuvon korkeuteen ja ajovalojen sijaintikorkeuteen ei esitetä muutoksia. Suosituksena esitetään, että nykyisen ajovalojen sijaintikorkeuden käyttämistä ohitus- ja liittymisnäkemätarkastelujen perustana voi olla syytä selvittää tarkemmin. Tämä siksi, että toisaalta pimeällä vastaantulevan auton valojen heijastus näkyy ennen itse valojen näkymistä, mutta toisaalta uudentyyppiset huomiovalot sijaitsivat usein perinteisiä ajovaloja alempana.

## Perustelut

Tavanomaisten henkilöautojen korkeus (1,35 metriä) ei ole viime vuosina juurikaan muuttunut ajoneuvojen teknisten tietojen perusteella. Silmäpistekorkeuden (1,1 metriä) käyttö näkemätarkasteluissa ajoneuvokorkeutena takaa samalla riittävän näkemäkulman vastaantulevaan ajoneuvoon. Ajovalojen sijaintikorkeuden käyttämiselle estekorkeutena esim. ohitus- ja liittymisnäkemää tarkasteltaessa ei ole yksiselitteisiä perusteluja. Pimeään aikaan se vaikuttaa turhan varovaiselta käytännöltä, mutta nykyään monissa uusissa automalleissa on kuitenkin erilliset huomiovalot, jotka sijaitsevat alempana kuin 0,6 metriä maanpinnasta mitattuna.

Mitoittava ajovalojen sijaintikorkeus koveria pyöristyssäteitä mitoitettaessa on perusteltua säilyttää edelleen 0,6 metrin suuruisena ja valaisukulma  $1^\circ$  suuruisena.

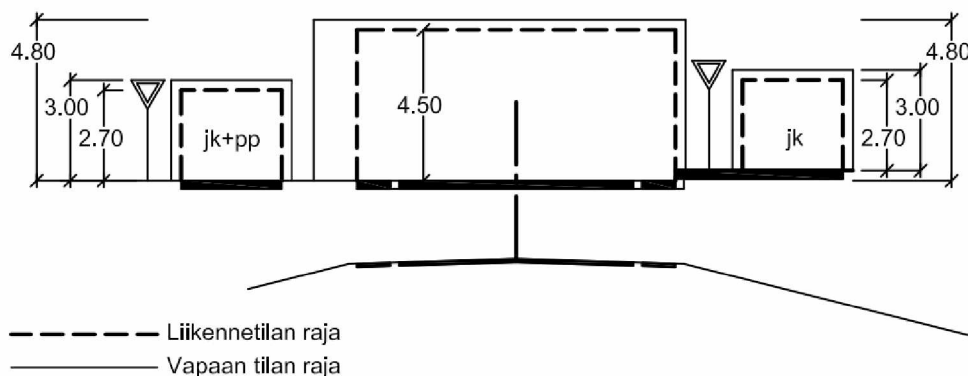
## 6 Liikennetilan ja vapaan tilan perusarvot

### 6.1 Yleistä

Väylän liikennetekninen poikkileikkaus jaetaan liikennetilaan ja sitä ympäröivään vapaaseen tilaan.

Poikkileikkauksen sivusuuntainen **liikennetila** koostuu mitoittavien liikenneyksiköiden vaatimasta tilasta sekä suunnittelunopeuden ja ajotavan perusteella määräytyvistä ajoneuvojen ja jalankulkijoiden liikkumisvaroista sekä sivuetäisyyksistä toisiin liikenneyksiköihin, päällysteen reunaan tai reunatukiin sekä keskikaiteeseen. Sivuetäisyydellä tarkoitetaan pysähtyneen ajoneuvon ja liikennetilan reunan välistä etäisyyttä. Sivusuuntaisissa liikkumisvaroissa otetaan huomioon ajo- ja ohjaus-epätarkkuuksien lisäksi myös muiden kuin erikoiskuljetusten ajoneuvoleveyden ylittävät kuormat sekä ajoneuvoleveyden ulkopuolelle ulottuvat taustapeilit. Pystysuunnassa liikkumisvara tarvitaan mm. päällysteen epätasaisuuksien, uudelleen päällystämisen ja routanousujen varalta. Liikennetila jaetaan ajokaistoihin ja päällystettyyn pientareeseen (Liikennevirasto 2011a).§

**Vapaa tila** on väylän poikkileikkausalue, jonka sisäpuolella ei saa olla kiinteitä eikä myötäviä esteitä. Kiinteitä esteitä ovat esim. pilarit, valaisinpylväät ja tukimuurit. Pystysuunnassa eivät yläpuoliset liikenneopasteet, siltojen kannet jne. saa ulottua vapaan tilan sisäpuolelle. Vapaa tila muodostuu liikennetilasta ja sen sivuilla sekä yläpuolella olevista varmuusetäisyyksistä. Kuvassa 31 on esitetty liikennetilan ja vapaan tilan käsitteet.



Kuva 31 Liikennetila ja vapaatila

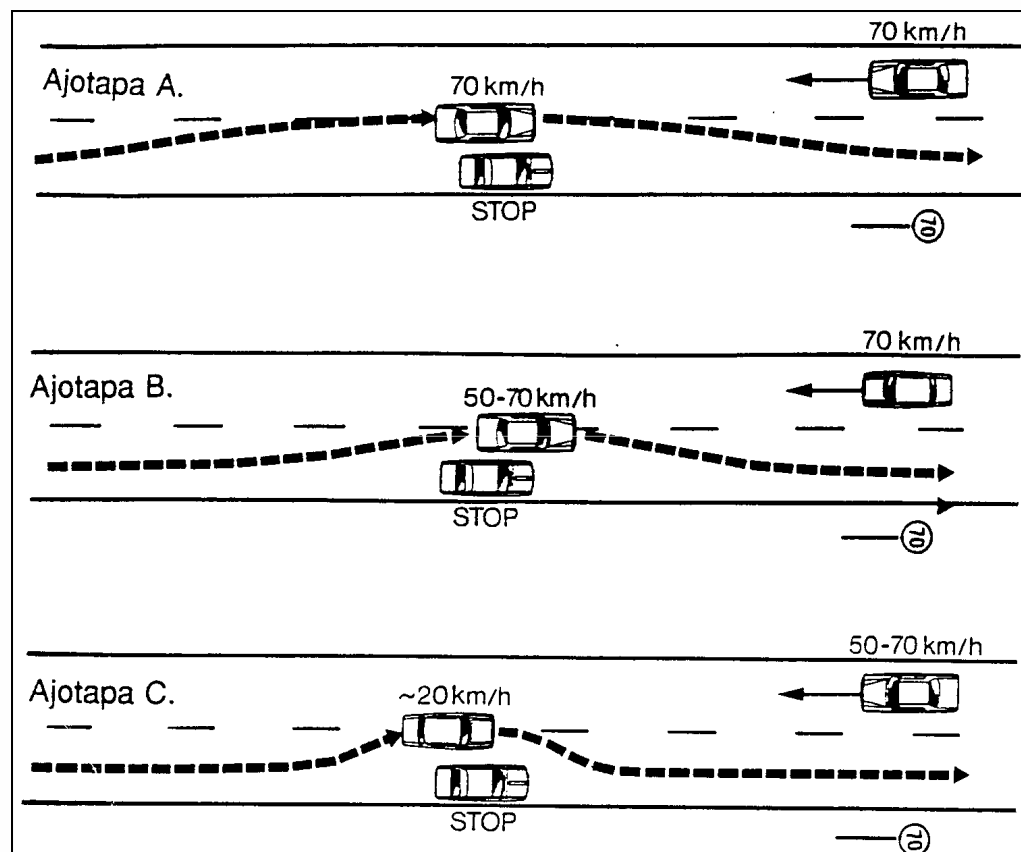
Poikkileikkauksen liikennetilan mitoituksessa käytetään kaksitasoista laatuluokitusta (ohjeellinen ja vähimmäistasoinen). Laatuluokissa asetetaan eri liikennetilanteille eli mitoittaville ajoneuvoyhdistelmille ja liikenneyksiköille liikkumista kuvaavia ajotapo- ja koskevia vaatimuksia.

## 6.2 Ajotavat

Suomalaisissa tien poikkileikkauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa (Liikennevirasto 2011a) ja kaupunkialueiden pääväylien suunnitteluohjeissa (Tielaitos 1993) käytetään linjaosuuden liikennetilän leveyttä mitoittaessa kolmea eri ajotapaa A, B, C kuvaamaan liikenteen sujuvuutta ja liikkumismukavuutta. Taulukossa 42 on kuvattu ajotavat ja kuvassa 32 havainnollistettu niitä. Ohjeiden kuvaukset eroavat ajotapojen B ja C osalta. Poikkileikkauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa kohtaamistilanteessa ajotavalla C kaikki liikkuvat ajoneuvot joutuvat ajamaan mateluvauhtia.

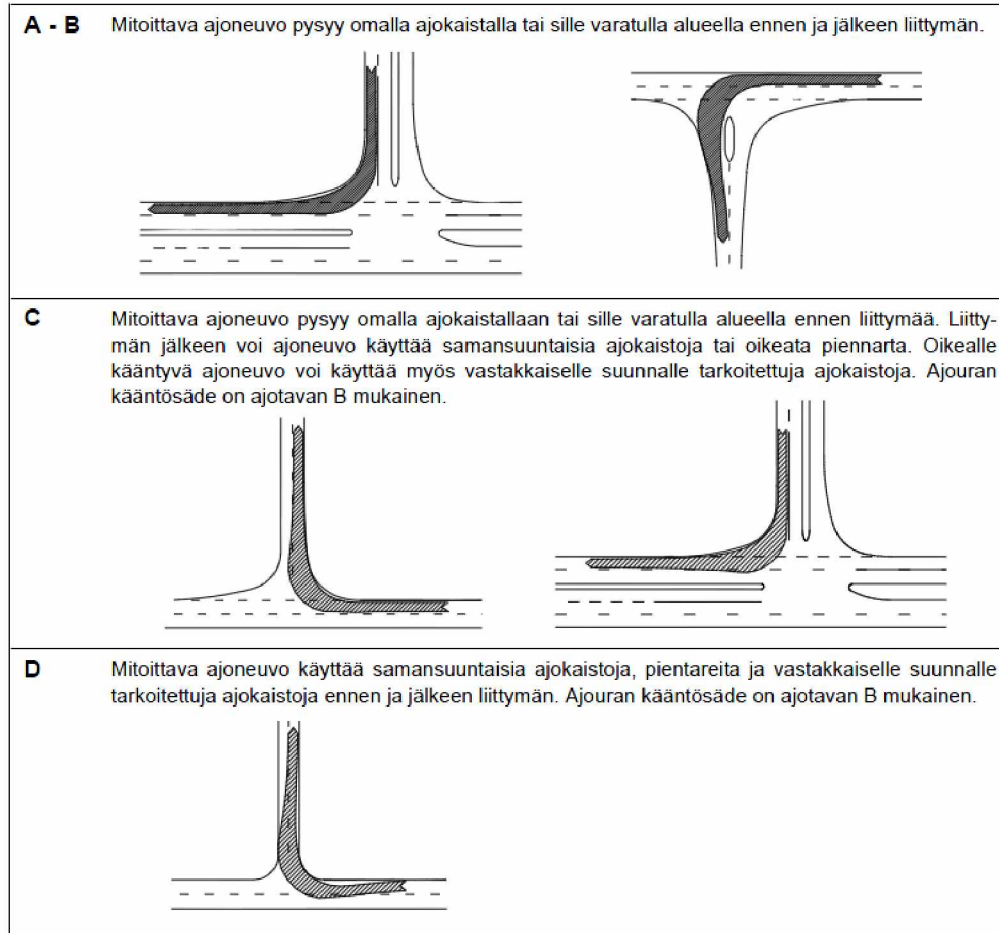
Taulukko 42. Ajotapojen kuvaukset eri ohjeissa.

Ajotapa	Poikkileikkauksen suunnittelun ohjeluonnos	Kaupunkialueiden pääväylien suunnittelu
A	Liikenne voi edetä suunnittelunopeudella (nopeusrajoitus) joustavasti ja turvallisesti. Ajaminen on vaivatonta ja helppoa.	Ajaminen on turvallista ja miellyttävää. Nopeutta ei tarvitse alentaa poikkeuksellisessakaan tilanteessa (pysähtynyt ajoneuvo tien sivussa).
B	Ajoneuvon kuljettaja joutuu keskitymään enemmän ajosuoritukseen, mutta voi ajaa suunnittelunopeudella.	Ajaminen on turvallista, mutta vaatii kuljettajalta poikkeuksellisessa tilanteessa enemmän tarkkuutta kuin ajotavassa A.
C	Ajoneuvon kuljettaja joutuu alentamaan nopeuden mateluvauhtiin (10 - 20 km/h) kohtaamis- ja ohitustilanteissa.	Nopeus on alennettava mateluvauhtiin poikkeuksellisessa tilanteessa ja ajosuoritus vaatii tarkkaavaisuutta.



Kuva 32. Kohtaaminen pysähtyneen ajoneuvon kohdalla eri ajotavoilla (Tielaitos 1993).

Mitoitusajoneuvojen tilankäyttöä liittymissä on kuvattu ajotavoilla A–D kuvan 33 mukaisesti. Ajotavan A kääntösäde on valittu siten, että mitoitusajoneuvo pystyy joustavasti kääntymään liittymässä. Ajotavoilla B–D kääntösäde on lähellä minimisädettä, jolla mitoitusajoneuvo pystyy jatkuvasti edeten kääntymään.



Kuva 33. Liittymäsuunnittelun ajotavat (Tiehallinto 2001).

Kevyen liikenteen väylillä mitoitus tehdään liikkumisvarojen avulla ilman ajotapaa vastaavaa käsitettä.

## Ruotsi

Ruotsissa käytetään poikkileikkauksen mitoituksessa linjaosuuksilla kolmea tilaluokkaa, jotka on määritetty sekä ajoneuvojen että kevyen liikenteen ominaisuudet huomioon ottaen. Tärkeimpänä erona luokkien välillä maaseudun teillä on pyöräilijän ohituksessa tarvittava tila. Taajamissa oleellisia ovat myös pysähtyneet ajoneuvot. Tilaluokkien avulla määritellään poikkileikkauksille ne mitoittavat liikennetilanteet, joiden mukaisesti ajoneuvot voivat sivuuttaa ja kohdata toisiaan turvallisuutta ja sujuvuutta kuvaavilla palvelutasoilla. Eri tilaluokilla on tarkemmassa poikkileikkausmitoituksessa erilaiset liikkumisvarat ja sivuetaisytydet.

Liittymien mitoituksessa on vastaavasti kolme ajotilan käyttöluokkaa (A, B ja C), jotka eroavat toisistaan kääntymisessä käytettävien samansuuntaisten tai vastakkaisen suunnan kaistojen käytön osalta. Kääntymisessä käytettäviä kääntösäteitä ei ole suoraan liitetty eri ajotilan käyttöluokkiin, vaan samalla kääntösäteellä voidaan mitoittaa liittymiä eri käyttöluokkien mukaisesti.



## Norja

Norjalaisissa suunnitteluohjeissa ei linjaosuuksien poikkileikkaussuunnittelua varten ole määritelty erilaisia ajotapoja, vaan mitoitus perustuu vakioituihin tietyyppeihin. Liittymien suunnittelussa on käytössä kolme ajotapaa, jotka tilankäytöltään vastaavat lähinnä suomalaisia ajotapoja A, C ja D. Ajotavalla A mitoitusajoneuvon nopeus on liittymissä vähintään 15 km/h ja ajotavoilla B ja C alle 15 km/h.

## Tanska

Tanskalaisissa suunnitteluohjeissa poikkileikkauksen mitoitus perustuu nopeustsoon ja mitoittavien ajoneuvojen tilantarpeeseen. Erillistä ajotapamääritelmää ei ole käytössä. Liittymien suunnittelussa on käytössä kaksi ajotapaa A ja B, jotka vastaavat lähinnä suomalaisia ajotapoja A ja C. Ajotavalla A voidaan liittymästä ajaa 20 km/h (raskaat ajoneuvot 15 km/h) siten, että ajoneuvo ei käytä muuta kuin omia ajokaistojansa tai ajotilaansa. Ajotavalla B kääntyminen voidaan tehdä nopeudella 5 km/h ja tarvittaessa voidaan käyttää myös vastaantulevan liikenteen ajotilaa.

## Saksa

Saksalaisissa linjaosuuksia koskevissa poikkileikkauksen suunnitteluohjeissa ajotapoja ei käytetä. Mitoitusajoneuvoja ja ajouria koskevassa ohjeessa (BMV 2001) on määritelty kaksi ajotapaa. Ajotavalla 1 ajoneuvo voi kääntyä liittymässä joustavasti ilman pysähtymistä tai koukkauksia. Ajotavalla 2 ajoneuvo lähtee käytännössä paikoiltaan, jolloin etupyörät käännetään kerralla ajoneuvotyypistä riippuvaan kääntymiskulmaan. Ajotapaa 2 ei suositella käytettävän uusia ratkaisuja suunniteltaessa eikä sitä voida käyttää liikkuvalla ajoneuvolle. Ajotapojen määrittely on korvannut aiemmat liittymäsuunnitteluohjeissa (RAS-K-1 1988) olleet määritykset.

## Suositus

Linjaosuuksien poikkileikkaussuunnittelussa ajotapojen käyttäminen ei ole välttämätöntä, mitä osoittavat myös norjalaiset, tanskalaiset ja saksalaiset poikkileikkaussuunnittelukäytännöt. Ajotapoja tulee nykyiseen tapaan käyttää ensisijaisesti poikkileikkausten suunnitteluohjeita laadittaessa siten, että niiden avulla määritellään suositeltavat poikkileikkaukset eri laatutasoille. Hankekohtaisessa suunnittelussa ajotavoilla ei linjaosuuksien poikkileikkaussuunnittelussa ole suoraan merkitystä kuin poikkeuksellisissa erikoistilanteissa.

Liittymien suunnittelussa tarvitaan vähintään kaksi ajotapaa, joista toista käytetään mitoittavalle ajoneuvolle ja toista tarkistusajoneuvolle. Kolmannen ajotavan määrittely mahdollistaa useamman mitoitus- tai tarkistusajoneuvon käyttämisen.

Taulukossa 43 on ehdotus käytettävien ajotapojen määrittelystä.

Taulukko 43. Ehdotus ajotapojen kuvauksista.

Ajo-tapa	Linja-osuudet	Liittymät
A	Mitoittava ajoneuvo voi edetä suunnittelunopeudella. Ajaminen on turvallista, joustavaa ja mukavaa.	Mitoittava ajoneuvo pysyy omalla ajokaistallaan tai sille varatulla alueella ja voi kääntyä liittymissä turvallisesti ja joustavasti. Kääntymisessä käytettävä kaarresäde määräytyy mitoitusajoneuvon ja -tilanteen mukaan.
B	Mitoittava ajoneuvo voi yleensä edetä suunnittelunopeudella, mutta ajoneuvon kuljettaja joutuu keskittymään enemmän ajosuoritukseen ja tarvittaessa hidastamaan ajonopeutta ohittaessaan pysähtynyttä ajoneuvoa tai pyöräilijää. Ajaminen on turvallista.	Mitoittava ajoneuvo pysyy omalla ajokaistallaan tai sille varatulla alueella ennen kääntymistä, mutta kääntymisen jälkeen se voi käyttää myös piennarta tai vastakkaisen suunnan ajokaistaa. Kääntymisessä käytettävä kaarresäde on lähellä mitoitusajoneuvon minimikäätösädetä.
C	Mitoittavan ajoneuvon kuljettava joutuu poikkeuksellisissa kohtaamis- ja ohitustilanteissa alentamaan nopeuden tarvittaessa mateluvauhtiin (10 - 20 km/h) asti.	Mitoittava ajoneuvo käyttää samansuuntaisia ajokaistoja, pientareita ja vastakkaiselle suunnalle tarkoitettuja ajokaistoja ennen ja jälkeen liittymän. Kääntymisessä käytettävä kaarresäde on lähellä mitoitusajoneuvon tai ajoneuvoyhdistelmän vetoauton minimikäätösädetä.

### Perustelut

Linjaosuuksien ajotapojen A ja B avulla voidaan määrittää tyyppipoikkileikkausten mitat ja niiden soveltuvuus eri liikennetilanteisiin mitoittavat ajoneuvot huomioon ottaen. Ajotapaa C voidaan käyttää tarkasteltaessa erilaisia poikkeustilanteita, jotka on myös otettava huomioon tyyppipoikkileikkausten mitoitusmäärittäessä. Hankekohtaisessa suunnittelussa mitoitusajoneuvoyhdistelmien ajotapoja ei normaalisti tarkastella erikseen poikkileikkausta valittaessa.

Liittymien osalta aiemmin käytetyt ajotavat A ja B voidaan yhdistää. Ajotavalla käytettävä kaarresäde voidaan valita tieluokan, suunnittelunopeuden ja ympäristön (maaseutu / taajama) perusteella. Kaikkia määriteltyjä ajotapoja voidaan käyttää eri mitoitusajoneuvoille ja ajotapoja B ja C ainakin tarkistusajoneuvoille. Ajotapa A on ensisijainen mitoitusperuste mitoitettaessa hyvällä laatutasolla ja ajotapa B vastaa vasti tyydyttävällä laatutasolla. Ajotavan C käyttö soveltuu ensisijaisesti tarkistusajoneuvoille, mutta sitä voidaan käyttää myös varsinaisille mitoitusajoneuvoille esimerkiksi metsäautoteiden liittymien mitoituksessa. Hankekohtaisessa suunnittelussa ajotapoja käytetään suunniteltaessa liittymiä ajouraohjelmien avulla.

## 6.3 Liikennetilan leveys

Poikkileikkaussuunnittelun perusmitoitusajoneuvoja ovat kuorma-auto (Ka), linja-auto (La) ja henkilöauto (Ha). Kevyen liikenteen mitoitusajoneuvo on polkupyörä (Pp). Tien poikkileikkauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa on esitetty taulukon 44 mu-

kaisesti mitoittavissa liikennetilanteissa käytettävät liikennetilan määrittelyn perusmitat (liikkumisvarat ja sivuetaisyydet). Mittoihin vaikuttavat suunnittelunopeus ja ajotapa. (Liikennevirasto 2011a). Kuvassa 34 on havainnollistettu taulukon merkintöjä.

Taulukko 44. Liikennetilan perusarvot (liikkumisvarat ja sivuetaisyydet, m).

Suunnittelunopeus (km/h)	120		100		80		70		60		50		Mate-luvauhti
Ajotapa	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	C
u	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
v: henkilöauto	1,5	1,2	1,2	0,8	0,9	0,6	0,7	0,4	0,55	0,3	0,4	0,2	0,1
v: kuorma-auto	1,0*	0,7*	1,0*	0,7*	0,9	0,6	0,7	0,4	0,55	0,3	0,4	0,3	0,1
v pyöräilijä	-	-	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
reunatuen kohdalla	-	-	0,35	0,2	0,35	0,2	0,35	0,2	0,35	0,2	0,35	0,2	0,2
b: henkilöauto	2,0	1,7	1,7	1,4	1,4	1,1	1,2	0,9	1,0	0,8	0,9	0,7	0,4
b: kuorma-auto	1,5*	1,2*	1,5*	1,2*	1,4	1,1	1,2	0,9	1,0	0,8	0,9	0,7	0,4
a: henkilöautojen sekä henkilöauton ja kuorma-auton välillä	1,6	1,5	1,4	1,2	1,2	0,8	1,0	0,7	0,85	0,6	0,7	0,5	0,35
toinen ajoneuvo pysähtynyt	1,5	1,3	1,3	1,1	1,1	0,7	0,9	0,6	0,75	0,5	0,6	0,4	0,35
a: kuorma-autojen välillä	1,5*	1,3*	1,5*	1,3*	1,4	1,2	1,3	1,0	1,2	1,0	1,1	1,0	0,4
toinen ajoneuvo pysähtynyt	1,3*	1,2*	1,3*	1,2*	1,2	1,0	1,1	0,8	0,95	0,65	0,8	0,5	0,4
a: pyöräilijöiden ja autojen välillä	-	-	1,5	1,3	1,4	1,2	1,3	1,0	1,15	0,85	1,0	0,7	0,4

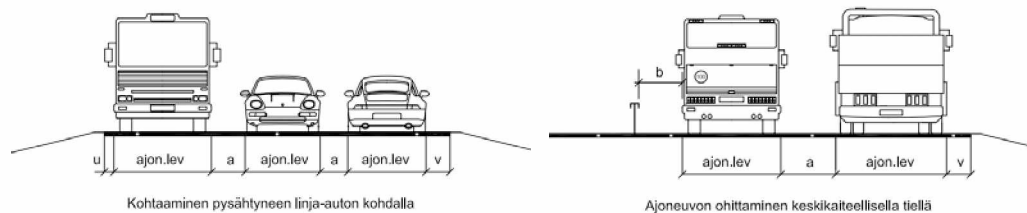
u = pysäköidyn ajoneuvon ja päällysteen reunan/reunatuen välinen etäisyys(m)

v = liikkuvan ajoneuvon ja päällysteen reunan/reunatuen välinen liikkumisvara (m)

b = liikkuvan ajoneuvon ja keskikaiteen välinen liikkumisvara (m)

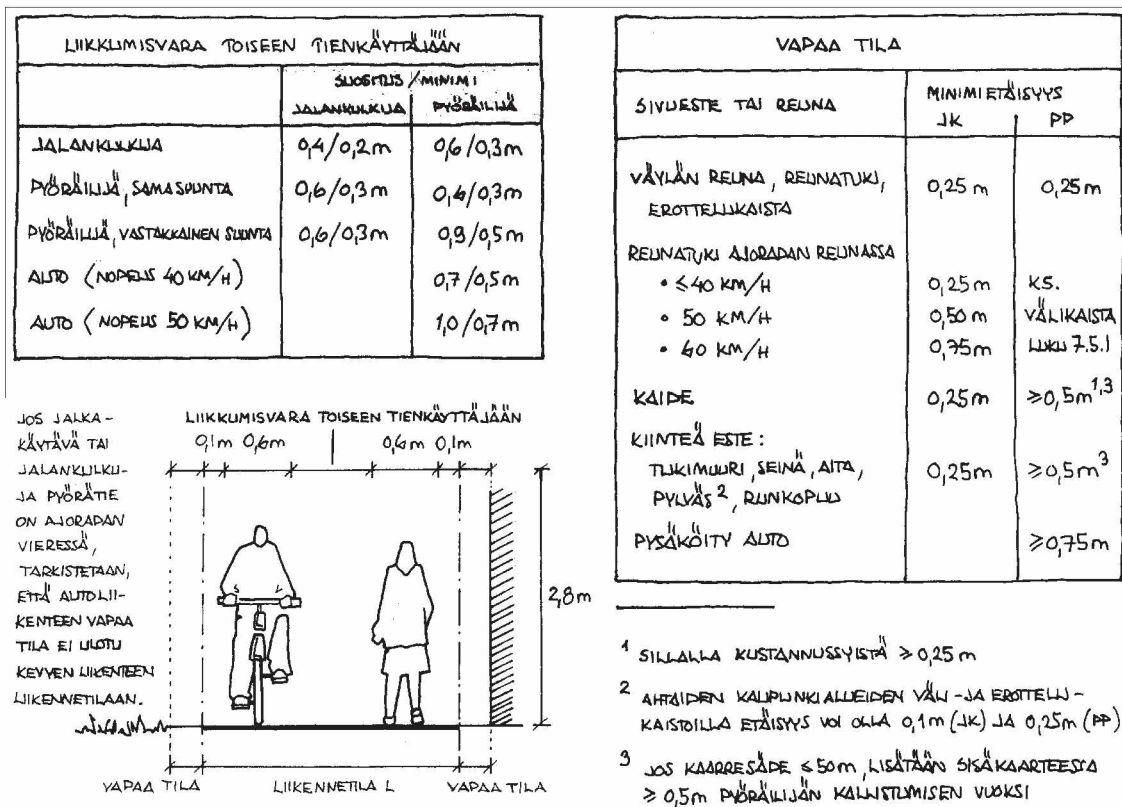
a = kahden kohtaavan tai toisiaan ohittavan ajoneuvon välinen liikkumisvara (m)

\*) Suunnittelunopeuden arvoilla 100 km/h ja 120 km/h ainakin toinen raskaita ajoneuvoja edustava liikkuva mitoitusajoneuvo on nopeudella 100 - 105 km/h liikkuva linja-auto.



Kuva 34. Liikennetilan mitoituskäsitteet.

Kevyen liikenteen väylien liikkumisvarat, liikennetila ja vapaa tila mitoitetaan kuvan 35 mukaisesti.



Kuva 35. Jalankulkijan ja pyöräilijän liikkumisvarat, liikennetila ja vapaa tila.

## Ruotsi

Ruotsalaisissa poikkileikkauksen suunnitteluohjeissa on määritetty vastaavat liikkumisvarat ja sivuetaisyydet kuin taulukossa 44. Ohjeet on annettu erikseen maaseudun (viitenoisuus 70–110 km/h) ja taajamien (30–70 km/h) teille ja kaduille. Kuvassa 36 on yhdistelmä näistä arvoista.

TABELL 3-1

Sidoavståndsmått vid VR 110, 90 och 70

VR	110		90		70	
Klass	A	B	A	B	A	B
Sidomått						
u	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
v-C	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00
v-P	1,30	1,00	1,00	0,70	0,70	0,40
v-L	1,00	0,70	1,00	0,70	0,70	0,40
h>0,2m-C	0,40	0,30	0,40	0,30	0,40	0,30
h>0,2m-P	1,80	1,50	1,50	1,20	1,20	0,90
h>0,2m-L	1,50	1,20	1,50	1,20	1,20	0,90
a-C/P	1,00	0,90	1,00	0,90	0,80	0,60
a-L/L a-C/L	1,50	1,30	1,50	1,30	1,30	1,00
a-P/P a-P/L	1,50	1,30	1,30	1,00	1,00	0,70
a-p/P a-I/P	1,40	1,20	1,20	0,90	0,90	0,60
a-I/L	1,30	1,20	1,30	1,20	1,10	0,90

TABELL 3-1

Sidoavståndsmått

VR	70		50		30		
Utrymmesklass	A	B	A	B	A	B	C
Sidomått							
u	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
v-C vägbankant	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,00
v-C kantstöd	0,25	0,10	0,25	0,10	0,25	0,10	0,10
v-P	0,70	0,40	0,40	0,20	0,20	0,10	0,10
v-L	0,70	0,40	0,40	0,20	0,20	0,10	0,10
h>0,2m-C	0,40	0,30	0,40	0,30	0,40	0,30	0,30
h>0,2m-P	1,20	0,90	0,90	0,70	0,50	0,40	0,40
h>0,2m-L	1,20	0,90	0,90	0,70	0,50	0,40	0,40
a-C/P	0,80	0,60	0,50	0,40	0,40	0,20	0,20
a-L/L a-C/L	1,30	1,00	1,00	0,70	0,70	0,50	0,40
a-P/P a-P/L	1,00	0,70	0,70	0,50	0,35	0,35	0,35
a-p/P a-I/P	0,90	0,60	0,60	0,40	0,35	0,35	0,35
a-I/L	1,10	0,90	0,80	0,60	0,50	0,40	0,40

C=cyklist, gående eller rullstolsburen  
P=personbil i rörelse  
L=lastbil eller buss i rörelse

(p)= stillastående personbil  
(l)= stillastående lastbil eller buss

TABELL 3-2

Sidoavstånd för gående, cyklister m.fl.

SIDOMÅTT	TRAFIKANT	UTRYMMESKLASS:	
		A	B
Vägbankant, v	småttiga	0,10	0,00
kantstöd, kamflexlinje	småttiga	0,25	0,10
h > 0,2 m (stolpar, träd, staket)	gående	0,25	0,10
a avstånd mellan trafikant i rörelse	cyklist, rullstol	0,40	0,30
	gående – gående	0,25	0,10
	rullstol – gående/cyklist	0,50	0,20
	gående – cyklist	0,50	0,20
	cyklist – cyklist	0,75	0,30

Kuva 36. Liikennetilan perusarvot ruotsalaisissa poikkileikkausohjeissa (Vägverket 2004).

## Norja

Norjalaisissa ohjeissa on annettu suoraan kaistamäärät, kaistaleveydet ja piennar-leveydet eri tieluokille ja liikennemäärille. Liikennetilaa ei ole erikseen määritetty.

## Tanska

Tanskalaisissa ohjeissa on annettu taulukon 45 mukaiset kuorma- ja henkilöautojen tilantarpeet sivusuunnassa eri nopeusluokissa (Vejdirektoratet 2008c).

*Taulukko 45. Ajoneuvojen minimitalantarpeet sivusuunnassa Tanskassa.*

Mitoitusajoneuvo	Liikennetilän minimileveys eri nopeusluokissa (m)		
	90–130 km/h	60–80 km/h	30–50 km/h
Henkilöauto	3,00	2,70	2,40
Kuorma-auto	-	3,20	3,20

Kevyelle liikenteen liikkumavaroja on annettu taajamia koskevissa ohjeissa. Eri tilanteisiin on määritetty sekä normaali- että minimileveydet (Vejdirektoratet 2000).

## Saksa

Saksalaisten poikkileikkauksen suunnitteluohjeiden mukaan kaistaleveyksien mitoituksessa otetaan ajoneuvon leveyden lisäksi huomioon ajoneuvon tarvitsema liikkumisvara, joka vaihtelevat välillä 0,25–1,25 metriä. Käytännössä kaistaleveydet vaihtelevat tällöin välillä 2,75–3,75 metriä. Poikkileikkauksen valinnassa otetaan huomioon nopeuden lisäksi liikenteen määrä ja koostumus. Liikkumisvarat on siten otettu huomioon suoraan eri tyyppipoikkileikkauksissa.

## Suositus

Liikkumavarojen muuttamisesta ei anneta uusia suosituksia. Yhden taulukon sijaan arvot voitaisiin kuitenkin antaa muutamassa erillisessä taulukossa, jolloin taulukoiden luettavuus olisi parempi.

## Perustelut

Liikennetilän mitoittamisesta on annettu yksityiskohtaisia ohjeita lähinnä ruotsalaisissa ja suomalaisissa ohjeissa. Poikkileikkauksen suunnitteluohjeiden luonnoksessa arvoja on tarkistettu jonkin verran aiemmin käytetyistä. Nykyiset liikennetilän perusarvot vaikuttavat linjaosuuden poikkileikkaussuunnitteluun sopivilta. Hankekohtaisessa suunnittelussa poikkileikkaus valitaan yleensä lähtötietojen perusteella erilaisista liikennetilanteiden ja perusarvojen mukaan määritetyistä tyyppipoikkileikkauksista, jolloin erillistä liikennetilatarkastelua ei tarvita.

## 6.4 Vapaa tila

Tien poikkileikkauksen suunnittelun ohjeluonnoksessa vapaan tilan leveys mitattuna liikennetilän reunasta on esitetty taulukossa 46. Vapaan tilan leveyteen vaikuttavat suunnittelunopeus ja pientareen leveys.

Taulukko 46. Vapaan tilan leveys (Liikennevirasto 2011a).

Suunnittelunopeus (km/h)	Vapaan tilan leveys mitattuna liikennetilan reunasta (m)	
	Piennar < 1,5 m	Piennar ≥ 1,5 m tai reunatuki
50	0,75	0,50
60	1,00	0,75
70	1,00	0,75
80	1,25	1,00
100	1,25	1,00
120		1,25

Liikennemerkit ja muut myötäävät, yksipylväiset opasteet voidaan pystyttää vapaan tilan reunaan ja riittävän tilan puuttuessa poikkeuksellisesti jopa sen sisäpuolelle. Niiden uloin kulma ei kuitenkaan saa olla lähempänä kuin 0,5 metriä liikennetilan reunasta.

Vapaan tilan sisäpuolella reunatuet ja muut korkeintaan 0,2 metrin korkuiset esteet saa sijoittaa liikennetilan reunaan. Reunatukien etäisyyden uloimman ajokaistan reunaan tulee olla kuitenkin 0,25 metriä (70 km/h) tai 0,50 metriä (80 km/h).

Kevyen liikenteen vapaan tilan suositeltavat minimietäisyydet liikennetilasta vaihtelevat estetyypin ja ajoradan reunassa myös autoliikenteen nopeuden perusteella ollen jalankulkuväylillä välillä 0,25–0,75 metriä. Pyöräliikenteen vapaan tilan suositeltavat etäisyydet ovat reunatukia korkeampiin esteisiin yleensä vähintään 0,25 metriä suurempia. Kuvassa 35 on esitetty kevyen liikenteen suunnitteluohjeessa määritetyt vapaan tilan vähimmäisetäisyydet.

Vapaa korkeus muodostuu liikennetilan (suurin sallittu ajoneuvokorkeus ja liikkumisvara) korkeudesta ja varmuusetäisyydestä 0,3 metriä. Vapaan korkeuden on siten oltava tavallisesti vähintään 4,8 metriä (Liikennevirasto 2011a).

Siltojen, portaalien ja muiden tien ylittävien rakenteiden kohdalla vaadittava vapaan tilan leveyden ulkopuolinen vapaa korkeus määritellään siten, että ulkoluiskaa (1:2) vastaan kohtisuoraan mitatun etäisyyden tulee olla vähintään 4,2 metriä. Vaatimus on kuitenkin voimassa vain 1,5 metrin korkeuteen asti ojan pohjasta. Portaalit ja siltapilarit voidaan sijoittaa tälle turvallisuusalueelle silloin, kun ne suojataan kaiteella (Liikennevirasto 2011a).

Kevyen liikenteen väylillä vapaan tilan korkeus on 2,8 metriä. Jos alikulusta ei tarvitse ajaa normaalilla kunnossapitokalustolla, voidaan korkeus laskea 2,4 metriin. Ehdoton minimi on 2,2 metriä. Jos sairasautojen on voitava käyttää alikulkua, tulee alikulukorkeuden olla 3,0 metriä (Tiehallinto 1998).

## Ruotsi

Ruotsalaisissa ohjeissa vapaa leveys, eli pienin sallittu etäisyys kiinteiden esteiden välillä, koostuu päällysteen leveydestä ja sen sivuilla olevista esteettömistä leveyksistä. Esteettömän leveyden perusarvot on esitetty taulukossa 47 (Vägverket 2004).

Taulukko 47. Pienin Ruotsissa sallittu esteetön leveys (m).

Este	Nopeusrajoitus (km/h)					Kev.liik. vaylä	Jalka- käytävä
	30	50	70	90	110		
Estekorkeus < 0,2 m	0,00	0,00	0,25-p ≥ 0,00	0,25-p ≥ 0,00	0,25-p ≥ 0,00	0,10	0,10
Estekorkeus > 0,2 m	0,30	0,50	1,00-p ≥ 0,50	1,50-p ≥ 0,50	2,00-p ≥ 0,50	0,30	0,10
Kaide	0,30-p ≥ 0,00	0,50-p ≥ 0,00	0,50-p ≥ 0,00	0,50-p ≥ 0,00	0,50-p ≥ 0,00	0,30	0,10
Seinä	≥ 1,00	≥ 1,00	≥ 1,00	≥ 1,00	≥ 1,00	0,50	0,50

p = Päälystetyn pientareen leveys. Jos piennar mitoitetaan normaalin liikennetilanteen usein toistuvaa käyttöä varten (katkoreunaviiva), ei arvoa pienennetä p-mitalla (esteetön minimileveys kuitenkin näissä tilanteissa myös erikseen)

Vapaa korkeus on ilmajohtoja lukuun ottamatta 4,7–5,1 metriä esteen laadusta riippuen. Esimerkiksi silta-aukoille ja yläpuolisille liikennemerkeille se on 4,7 metriä ja sähkökaapeloimattomille portaaliorsille 4,9 metriä. Ratsastusreiteillä vapaa korkeus on 3,0 metriä, pyöräreiteillä 2,5 metriä ja jalkakäytävillä 2,1–2,5 metriä esteen pituudesta riippuen.

### Norja

Norjalaisissa ohjeissa on eri tieluokille eri liikennemäärillä annettu suoraan kaistamäärät, kaistaleveydet ja piennarleveydet eikä vapaan tilan leveyttä ole erikseen määritetty. Vapaa korkeus on 4,5 metriä, mutta siihen lisätään turvallisuusmarginaali 0,2 metriä ja ylikulkusilloilla lisäksi 0,1 + 0,1 metriä rakentamis- ja kunnossapitotoleranssien takia. Vapaa korkeus on siten yhteensä 4,9 metriä.

Alemmalla tieverkolla vapaan korkeuden vaatimusta voidaan alentaa kunnossapidon ja alueen yritystoiminnan vaatimukset huomioon ottaen. Kevyen liikenteen väylien vapaa korkeus on 3,0 metriä. Maatalousliikenteelle tarkoitetuissa alikuluissa edellytetään 4,0 metrin vapaata korkeutta. Jalankulkijoiden osalta vapaana korkeutena on 2,25 metriä, jota voidaan käyttää mm. liikennemerkkien osalta.

### Tanska

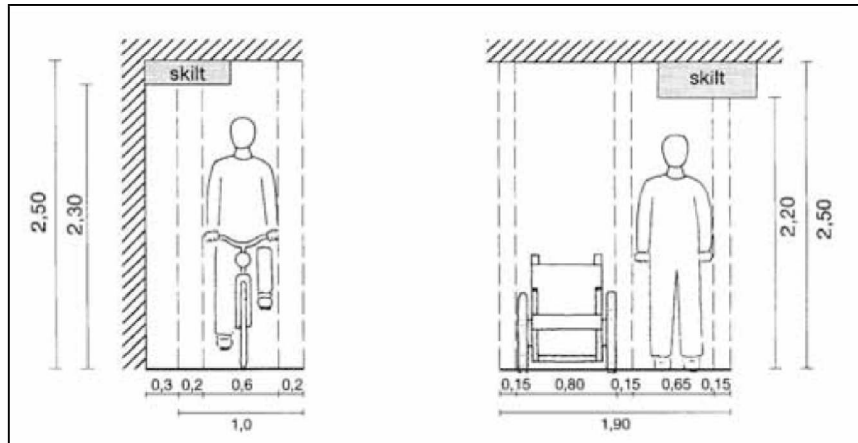
Tanskalaisten ohjeiden vapaan tilan sivuetäisyysarvot sisältävät myös mitoitussajoneuvojen sivusuunnassa määritellyt liikkumisvarat. Taulukossa 48 on esitetty näin määritellyt vapaan tilan sivuetäisyysarvot.

Taulukko 48. Tanskassa käytetyt vapaan tilan sivuetäisyysarvot (m) sisältäen liikkumisvarat.

Esteen tyyppi		Nopeusluokka		
		90–130 km/h	60–80 km/h	30–50 km/h
Jatkuva este	Ohjearvo	1,00	1,00	1,00
	Minimiarvo	0,60	0,60	0,50
Yksittäinen este	Ohjearvo	1,50	1,50	1,00
	Minimiarvo	1,00	1,00	0,50

Vapaa korkeuden määrittelyn pohjana on Tanskassa kuorma-auton korkeus 4,0 metriä lisättynä siihen liittyvällä liikkumisvaralla 0,25 metriä. Vapaan tilan korkeus on jatkuvalla esteellä 0,25 metriä ja yksittäisellä esteellä 0,75 metriä liikkumistilan korkeutta suurempi. Erillistä minimiarvoa ei ole määritetty. Kokonaiskorkeus on tällöin joko 4,5 tai 5,0 metriä.

Kevyen liikenteen väylien vapaan tilan mitoituksen perusmitat on esitetty kuvassa 37.



Kuva 37. Kevyen liikenteen väylien vapaan tilan mitoitus Tanskassa.

## Saksa

Saksassa poikkileikkauksen vapaan tilan leveys sisältää liikennetilan leveyden lisäksi turvallisuustilan. Turvallisuustilan leveys määräytyy suurimman sallitun nopeuden perusteella ollen  $\geq 1,25$  metriä, kun nopeus on  $> 70$  km/h. Nopeudella 50–70 km/h leveys on  $\geq 1,0$  metriä ja nopeudella  $\leq 50$  km/h vastaavasti  $\geq 0,75$  metriä. Mittoja voidaan pienentää pientareiden, keskikaistan ja reunatukien yhteydessä 0,25 metriä.

Pyöräilijöiden osalta turvallisuustila on sivusuunnassa 0,25 metriä. Jalankulkijoille ei ole määritetty turvallisuustilaa.

Vapaan tilan korkeus sisältää ajoneuvon suurimman sallitun korkeuden 4,0 metriä, liikkumisvaran 0,25 metriä sekä turvallisuusmarginaalin 0,25 metriä. Kokonaiskorkeudeksi tulee siten 4,5 metriä. Uusien rakenteiden yhteydessä ja tärkeillä erikoiskuljetusreiteillä käytetään myös 4,7 metrin vapaan tilan korkeutta. Kevyen liikenteen väylillä vapaatilan korkeus on 2,5 metriä.

## Suositus

Vapaan tilan etäisyyksiin ja korkeuksiin ei esitetä muutoksia.

## Perustelut

Moottoriajoneuvoliikenteen väylille taulukossa 46 esitetyt vapaan tilan etäisyydet liikennetilasta vaikuttavat sopivilta myös jatkossa. Poikkeustapauksissa voidaan liikennemerkit sijoittaa vapaan tilan sisäpuolelle nykyisin periaattein. Autoliikenteen vapaan tilan korkeuden tulisi olla 0,5 m suurempi kuin suurin sallittu ajoneuvokorkeus, jolloin ohjelunnonksen arvo 4,8 metriä on riittävä. Korkeus huomioi tällöin riittävän liikkumisvaran lisäksi myös lumesta, jäädästä, routanousuista ja uudelleen päällystämistä aiheutuvat tien pinnan korkeuden muutokset.



Kevyelle liikenteelle vaadittava vapaa tilan normaali vähimmäisalikulkukorkeus perustuu kunnossapitokaluston korkeuteen. Jos kalusto ei määrää korkeutta, on sitä ohjeissa lievennytty, mikä on myös perusteltua.

## 6.5 Liittymäsuunnittelun perusarvot

### Suomi

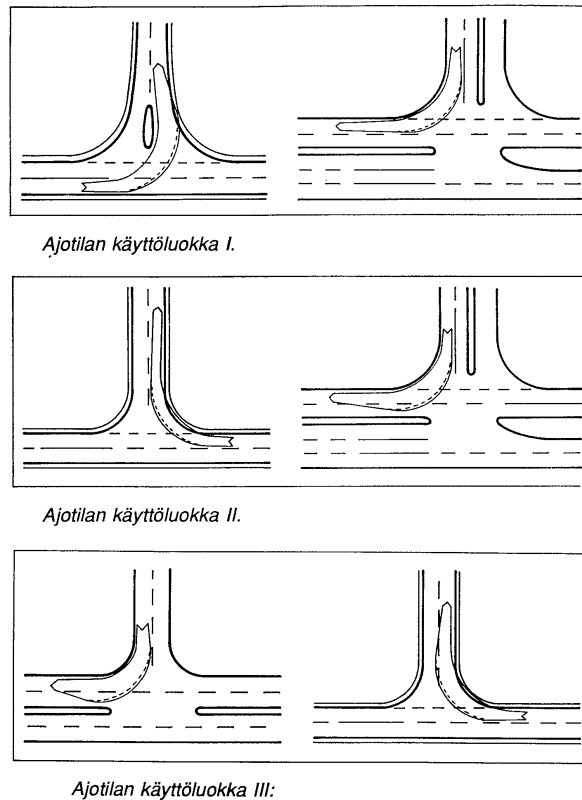
Kääntyvän ajoneuvon tilantarve on suoralla tieosuudella tarvittavaa suurempi, koska ajoneuvon kiinteät takapyörät kulkevat pienempisäteistä kaarta pitkin kuin kääntyvät etupyörät. Liittymien liikennöitävyyttä ja turvallisuutta kuvataan nykyisissä tasoliittymien suunnitteluohjeissa ajotapojen ja niihin liittyvien kääntösäteiden avulla. Käytettävät ajotavat on esitetty edellä luvussa 6.2. Taulukossa 49 on esitetty näihin ajotapoihin liittyvät pienimmät kääntösäteet eri mitoitusajoneuvoille, jotka määräytyvät ajoneuvojen kääntävyysominaisuuksien, kuljettajan ajomukavuuden sekä liikenneturvallisuusnäkökohtien perusteella. Mitoittavalla kääntösäteellä tarkoitetaan ajoneuvon etuakselin keskipisteen kääntösädettä.

Taulukko 49. Mitoitusajoneuvojen kääntösäteet.

Mitoitusajoneuvo	Ajouran kääntösäde $R_k$ (m)	
	Ajotapa A	Ajotapa B-D
Kam	12	10
Kap	12	10
Lat *	13	11
La	12	10
Ka	10	8
Ha	8	6

\* Uusien telilinja-autojen kääntävyysvaatimukset ovat samat kuin muidenkin linja-autojen ja kääntösäteiden erillistarve poistuu jatkossa (vanhoja autoja saa käyttää vuoden 2020 loppuun saakka).

Kaupunkialueiden pääväylien suunnitteluohjeissa on ajotapojen ja minimikääntösäteiden lisäksi esitetty mm. kuvan 38 mukaiset ajotilojen käyttöluokat, mutta uudemmissa tasoliittymäohjeissa nämä on yhdistetty ajotapoihin (Tielaitos 1993). Taa-jamien keskusta-alueita koskevissa ohjeissa erilaisia käyttöluokkia on viisi (Tielaitos 1995).



Kuva 38. Ajotilan käyttöluokat kaupunkiliittymien mitoittamisessa (Tielaitos 1993).

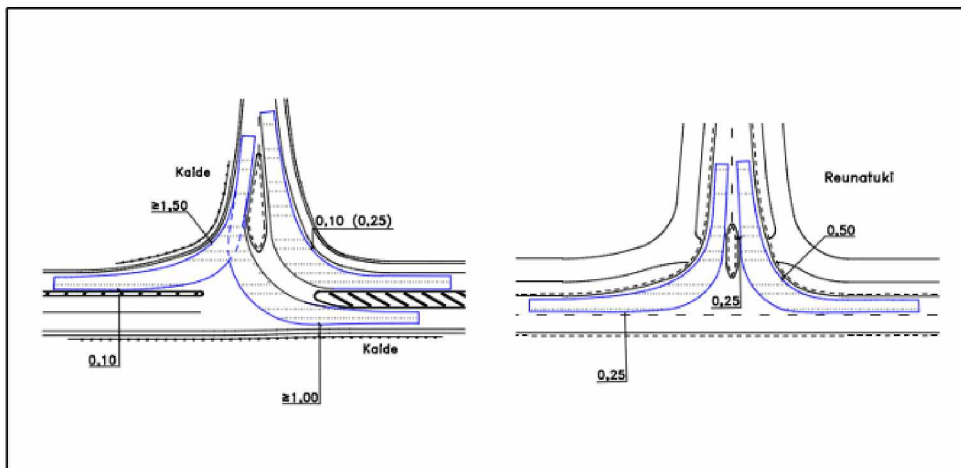
Ajouramalleilla kuvataan mitoitusajoneuvojen tilantarvetta eri ajotavoilla, kääntösäteillä ja kääntymiskulmilla. Ajoneuvoluokan eri ajoneuvojen ja sitä pienempien ajoneuvojen pitää pystyä läpäisemään liittymä ajouran määrittämässä tilassa.

Ajouramallit eivät sisällä tien eri osiin nähden tarvittavia eivätkä ajotottumukset ja ajovirheet huomioon ottavia liikkumisvaroja. Liittymäsuunnittelussa ajotavalla A käytettävät liikkumisvarat on esitetty taulukossa 50 ja esimerkkejä liikkumisvarojen käytöstä kuvassa 39. Ajotavalla B taulukon arvoista voidaan harkinnan mukaan tinkiä. Ajotavoilla C–D liikkumisvaroilla on merkitystä lähinnä reunatukien, kaiteiden ja muiden kiinteiden esteiden kohdalla. Tällöin liikkumisvarat määritetään tapauskohtaisesti taulukon arvoja soveltaen.

Taulukko 50. Ajouramallitarkastelun liikkumisvarat ajotavalla A (Tiehallinto 2001).

Ajouran viereinen alue	Liikkumisvara (m)
Päällystetty piennar, leveys > 0,5 m	0,10
Päällystetty piennar, leveys ≤ 0,5 m	0,25
Reunatuki	0,50 (0,25)*
Kaide tai muu korkea este	1,50 (1,00)*
Samaan suuntaan kulkevien ajokaista	0,10
Vastakkaiseen suuntaan kulkevien ajokaista	0,25
Sulkualue (tiemerkinnoin)	0,10

\* Suluissa olevia arvoja voidaan käyttää ajouran ulkoreunalla muissa paitsi kiertoliittymän kiertotilan liikkumisvaratarkasteluissa.



Kuva 39. Esimerkkejä liikkumisvarojen käytöstä liittymän mitoituksessa.

## Ruotsi

Ruotsalaisissa ohjeissa liittymien liikennetilan mitoituksessa käytetään kolmea ajotilan käyttöluokkaa, jotka vastaavat käsitteenä suomalaisia ajotapoja. Mitoitusajoneuvoille on eri ajotilan käyttöluokissa annettu omat kääntymissäteensä, jolla tarkoitetaan ajoneuvon tai ajoneuvoyhdistelmän vetoauton sisemmän takapyörän kääntösäädettä. Mitoituksen taustana on eri käyttöluokissa mitoitusajoneuvon etupyörän kääntökulman prosenttiosuus kääntökulman maksimiarvosta. Liittymien mitoituksessa käytetään erilaisia kääntösäiteitä oikealle ja vasemmalle kääntymiseen taulukon 51 mukaisesti (Vägverket 2004). Taulukossa on annettu luvut tasoliittymän perustyypeille A–C. Liittymätyypille D (kiertoliittymä) käytetään suluissa olevia arvoja.

Taulukko 51. Sisemmän takapyörän kääntösäteet (m) eri ajotilan käyttöluokissa Ruotsissa.

Mitoitusajoneuvo	Oikealle kääntyminen			Vasemmalle kääntyminen *		
	Ajotilan käyttöluokka			Ajotilan käyttöluokka		
	A	B	C	A	B	C
Henkilöauto	6	5,5	5	5,5	5	5 (4)
Minibussi	8	7	6	7	6	6 (5)
Linja-auto ja nivellinja-auto	12	11	10	11	10	10 (8)
Telilinja-auto	15	13	12	13	12	12 (9,5)
Puoliperävaunuyhdistelmä	9,5	7,5	6	8 (9,5)	6 (7,5)	6 (9,5)
Puunkuljetusyhdistelmä	14,5	11,5	9	11,5 (14,5)	9 (11,5)	9 (14,5)
Moduuliyhdistelmä	14,5	11,5	9	11,5 (14,5)	9 (11,5)	9 (14,5)
Erikoiskuljetuslavetti	10	8	6	8 (10)	6 (8)	6 (10)

\* Suluissa olevat arvot koskevat kiertoliittymiä (tyyppiliittymä D), joille on lisäksi määritetty vain erikoiskuljetuslavettia koskeva ajotilan käyttöluokka D.

Erillisiä liikkumisvaroja ei ohjeissa ole määritetty. Tyyppiliittymien mitoituskuviin on kuitenkin piirretty liikkumisvarat, joiden suuruutta ei ole erikseen esitetty.

## Norja

Norjalaisissa ohjeissa on kolme erilaista ajotapaa. Liittymien mitoittaminen tehdään tietyypeittäin, jolloin kullekin tietyypille on määritetty käytettävä mitoitusajoneuvo ja

ajotapa sekä tarvittaessa tarkistusajoneuvo ja sen ajotapa. Ajouramalleissa on käytetty taulukon 52 mukaisia ulomman etupyörän kääntösäteitä.

*Taulukko 52. Kääntösäteet (m) eri mitoitusajoneuvoille Norjassa.*

Mitoitusajoneuvo	Ulomman etupyörän kääntösäde Norjan ajouramalleissa (m)
Henkilöauto	6,0
Kuorma-auto	12,0
Linja-auto	12,5
Ajoneuvoyhdistelmä	12,5

Käytettävän kaarresäteen tai kaariyhdistelmän säteiden sekä sivutien leveyden mukaisella jaottelulla on lisäksi määritetty, mitä ajotapaa eri mitoitusajoneuvot voivat liittymissä käyttää. Tarkempia mitoitusperusteita tai ajouramalleissa käytettyjä liikkumisvaroja ei ole esitetty.

### Tanska

Tanskalaisissa ohjeissa käytetään mitoituksessa kahta ajotapaa. Ajouramallien avulla on määritetty erikseen uloimpien renkaiden määrittämä ajotila sekä ajoneuvon korin uloimpien kohtien määräämä vapaa tila. Mitoitusajoneuvoille tehdyt ajouramallit on tehty ajotapakohdaisesti, jolloin muuttujina ovat ajonopeus, etupyörien kääntökulma sekä kääntymiskulma liittymässä. Ajouran kääntymissäteen minimiarvo voidaan määrittellä etupyörien kääntökulman avulla. Liikkumisvarana reunakivien kohdalla käytetään 0,3 metriä ajotilan reunasta laskettuna.

### Saksa

Uusimmissa saksalaisissa ohjeissa on kaksi liittymäsuunnittelun ajotapaa. Ajouramalleissa nämä eroavat toisistaan vain käännoksen alussa, jossa ajotavalla 2 käännetään etupyörät lopulliseen asentoonsa ajoneuvon ollessa paikallaan. Kummassakin ajotavassa kaarresäde ilmoitetaan ulompaan etukulmaan mitoitusajoneuvokohtaisesti. Liittymäsuunnitteluohjeissa liittymien mitoitus perustuu joko ajodynaamiseen tai ajogeometriseen mitoitukseen. Ajodynaamista mitoitusta käytetään pääteillä ja suurilla (> 50 km/h) mitoitusnopeuksilla, ajogeometrista alemmalla verkolla ja matalilla mitoitusnopeuksilla. Ajotapoja on ollut kolme erilaista, joista keskimäinen on vielä jaettu kahteen erilaiseen tilankäyttöratkaisuun.

Käytettäessä uusia ajouramalleja suositellaan käytettäväksi 0,50 metrin liikkumisvaraa. Ahtaissa mitoitus tilanteissa se voidaan pienentää 0,25 metriin.

### Suositus

Ajouriin ja niihin liittyviin liikkumavaroihin ei esitetä muutoksia.

### Perustelut

Liittymien liikennetila kannattaa mitoittaa mitoitusajoneuvojen erilaisiin ajotapoihin perustuvien ajouramallien ja -tarkastelujen perusteella. Luvun 6.2 taulukossa 43 esitetyillä ajotavoilla voidaan mitoittaa useimmat tilanteet. Ajotapaa A voidaan aina käyttää mitoittavana vapaissa olosuhteissa. Ahtaissa tilanteissa voidaan mitoitus

tehdä soveltuvin osin myös ajotavan B mukaisena. Tarkistusajoneuvoille voidaan käyttää joko ajotapaa B tai C. Liikkumavarat esteisiin voidaan pitää taulukon 50 mukaisina.

Kansainvälinen vertailu ei anna aihetta tarkistaa mitoitusmenettelyä. Jokaisessa tarkastellussa maassa on toisistaan poikkeavat tavat muodostaa ajouramallit, eikä niistä mitään voida sellaisenaan pitää suomalaista menettelyä parempana. Liikkumavarojen määrittelyssä muiden maiden ohjeet ovat suomalaisia niukemmat.

## Lähdeluettelo

AASHTO 2004. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 2004. Fifth Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington 2004.

BMV 2001. Bemessungsfahrzeuge und Schleppkurven zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsflächen. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. 2001.

GCM 2010. GCM-handbok. Utformning, drift och underhåll med gång-, cykel- och moppedtrafik i fokus. Sveriges Kommuner och Landsting och Trafikverket. Stockholm 2010.

Koivisto & Summala 1998. Koivisto I., Summala, H. Autonkuljettajien reaktioajat: katsaus kokeellisen tutkimukseen. Helsingin yliopisto, Liikennetutkimusyksikkö, 1988, Tutkimuksia 14:1988.

Koivisto & Summala 1999. Koivisto, I., Summala, H. Tutkimus. Autonkuljettajan jarrutusreaktioaika eri liikenneympäristöissä. Helsingin yliopisto, Liikennetutkimusyksikkö. Tutkimuksia 18:1989.

Liikennevirasto 2011a. Tien poikkileikkauksen suunnittelu. Luonnos ohjeeksi 11.10.2012. Liikennevirasto 2011.

Liikennevirasto 2011b. Tien suunnitauksen suunnittelu. Luonnos ohjeeksi 14.9.2011. Liikennevirasto 2011.

Liikennevirasto 2011c. Autojen nopeudet vuonna 2010. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 36/2011. Helsinki 2011.

NMF 2011. Internet-sivut. <http://www.nmfv.dk/vejnormalgruppen.htm>. Lokakuu 2011.

NVF 1976. Nordisk vegteknisk forbund. Färdtekniska grundvärden. 1976. (Rapport nr. 5:1976).

PLL 2010. Mitoitussajoneuvot ja ajouramallit. Bussiliikenteen infrakortti no 9. Suomen Paikallisliikenneliitto ry. Helsinki 2010.

Pursula 1988. Pursula M., Nopeusrajoitus ja mitoitusnopeus. Helsinki. 1988. Julkaisematon aineisto.

RAA 2008. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Richtlinien für die anlage von Autobahnen RAA. Ausgabe 2008

RAL-L 1982. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. Überprüfung von fahrspezifischen Ausgangswerten der RAL-L. Heft 365, 1982.

RAS-K-1 1998. Der Bundesministerium für Verkehr. Richtlinien für die Anlage von Straßen. Teil: Knotenpunkte, Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte RAS-K-1, Ausgabe 1988.

RAS-L 1995. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.. Richtlinien für die Anlage von Straßen. Teil: Linienführung, RAS-L. Ausgabe 1995

RAS-Q 1996. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.. Richtlinien für die Anlage von Straßen. Teil: Querschnitte, RAS-Q Ausgabe 1996.

Setälä 2002. Erikoiskuljetustoiminta tienpitäjän näkökulmasta. Tiehallinnon selvityksiä 4 /2003. Tampere 2002.

Statens vegvesen 2008a. Normaler. Veg- og gateutforming. Håndbok 017. Statens vegvesen 2008.

Statens vegvesen 2008b. Veiledning. Geometrisk utforming av veg- og gatekryss. Håndbok 263. Statens vegvesen 2008.

Statens vegvesen 2008c. Veiledning. Linjeføringsteori. Håndbok 265. Statens vegvesen 2008.

SuRaKu 2008. Esteettömän ympäristön suunnitteluohjekortit. SuRaKu-projekti 2004/2008. Internetsivut [www.hel.fi/helsinki/kaikille/](http://www.hel.fi/helsinki/kaikille/).

Tiehallinto 2001. Tasoliittymät. Helsinki. 2001. TIEH 2100001-01.

Tiehallinto 2002. Suurten erikoiskuljetusten tavoiteverkko. Täsmennetyt tavoitearvot ja mitoitusperusteet. Pasi Jääskeläinen, Uudenmaan tiepiiri. Liitemuistio 14.11.2002.

Tielaitos 1991a. Pääväylät kaupunkialueilla, Suunnittelu- ja mitoitusperusteet. Tielaitoksen selvityksiä 56/1991. Helsinki.

Tielaitos 1991b. Pääväylät kaupunkialueilla, Suuntaus. Tielaitoksen selvityksiä 57/1991. Helsinki.

Tielaitos 1993. Pääväylät kaupunkialueilla, Yleiset suunnitteluperiaatteet. Tielaitos, Helsinki 1993.

Tielaitos 1994. Moottoriteiden eritasoliittymät, Osa A. Tielaitos Helsinki 1994.

Tielaitos 1995. Taajamien keskustateiden suunnittelu. Tielaitos, Helsinki. 1995.

Tielaitos 1998. Kevyen liikenteen suunnittelu. Helsinki. 1998. TIEL 2130016.

Trafitec 2007. Dimensionsgivende Trafikant Reaktionstid. Bremsereaktionstid og Beslutningsreaktionstid. Litteraturstudium – Sammenfatning. Ruotsi. Tanska. 2007.

Trafitec 2008. Dimensionsgivende Trafikant, Øjenhøjde, Læseafstand og Læsetid for bilister, Litteraturstudium – Sammenfatning. Tanska. 2008

Trafikverket 2012. Förslag till nya vägutformningsregler för trafikverket. Remissversion. Ruotsi. 2012.

Vejdirektoratet 2000. Byernes trafikarealer. Hæfte 1. Forudsætninger for den geometriske udformning. Tanska 2000.

Vejdirektoratet 2008a. Trafikarealer, land. Hæfte 1. Forudsætninger for den geometriske udformning. Udkast. Vejregel. Tanska. 2008.

Vejdirektoratet 2008b. Trafikarealer, land. Hæfte 2. Tracering. Udkast. Vejregel. Tanska. 2008.

Vejdirektoratet 2008c. Trafikarealer, land. Hæfte 3. Tværprofiler. Udkast. Vejregel. Tanska. 2008.

Vejdirektoratet 2008d. Trafikarealer, land. Hæfte 4.4. Toplanskryds. Udkast. Vejregel. Tanska. 2008.

Vejdirektoratet 2012. Håndbog, Grundlag for udformning af trafikarealer. Høringsudgave. Tanska 2012.

VTT 1985. Vtt, Tie- ja liikennelaboratorio. Ajoneuvon ja kuljettajan ominaisuuksien huomioon ottaminen tiensuunnittelussa. Espoo. 1985. (Tutkimus-selostus 541).

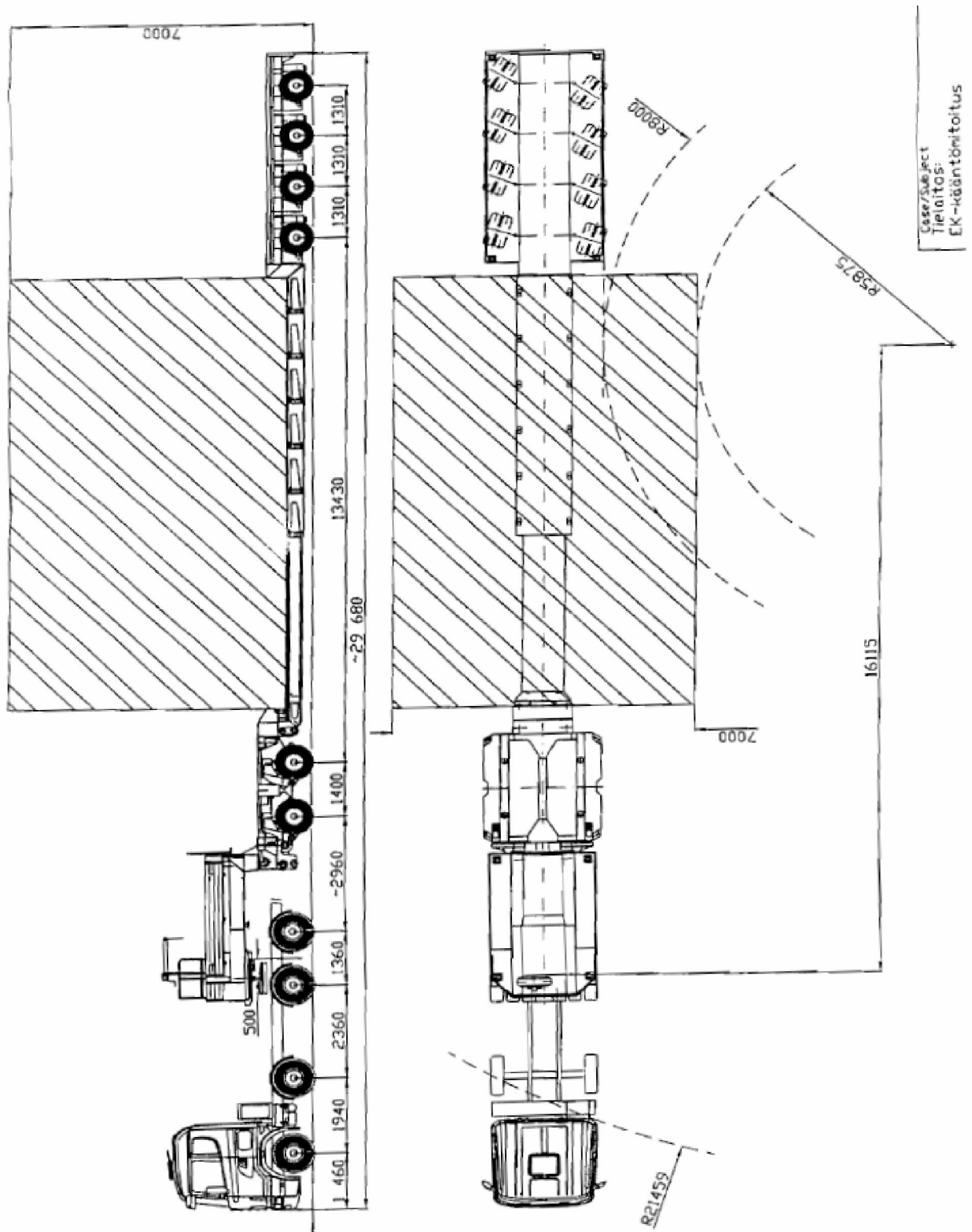
Vägverket 2004. Vägar och gators utformning, VGU, Stockholm. 2004. VV Publikation 2004:80

Vägverket 2007. Vägar och gators utformning, VGU, Supplement & Info, Nr 10 december 2007.



# Erikoiskuljetusperävaunuyhdistelmä T4

T4 + M2 Raskas jatkettu koneenkuljetuslavetti

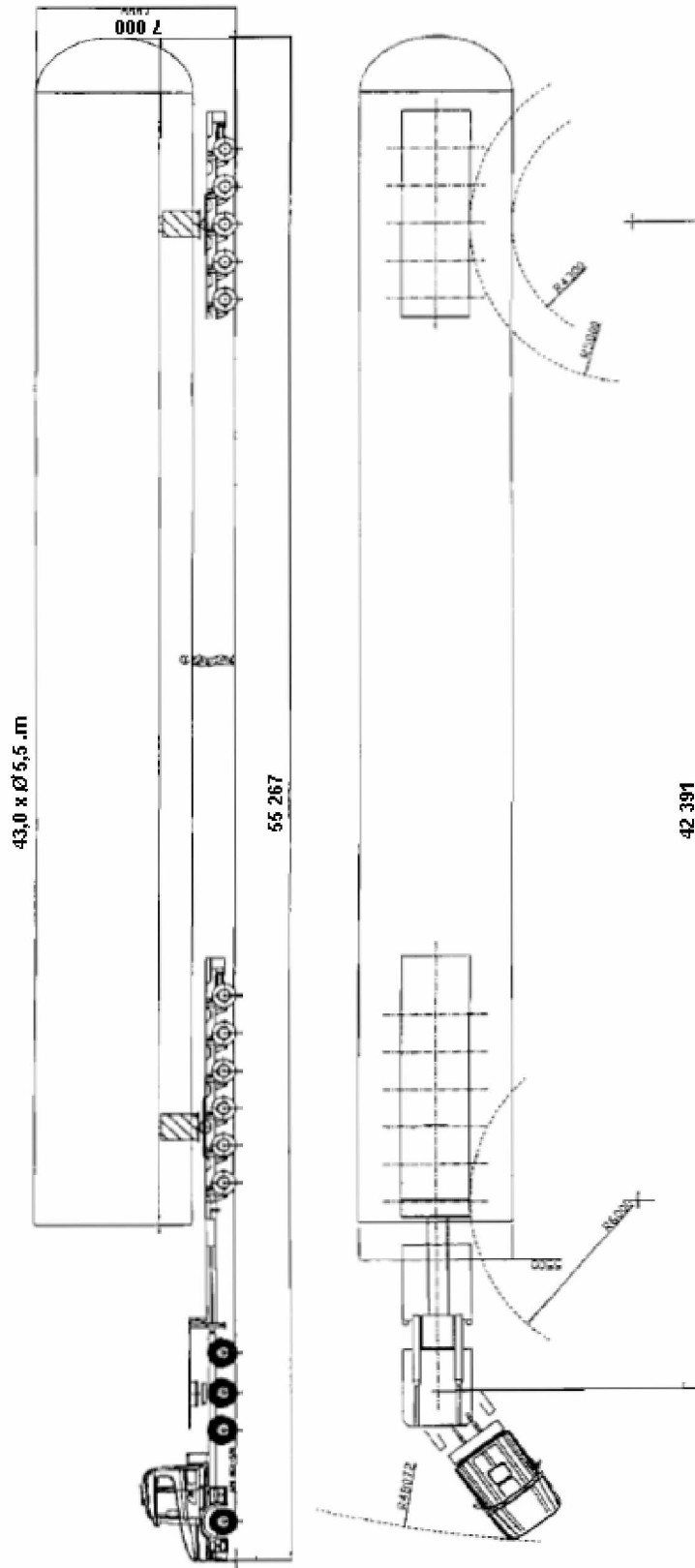


Lähde: Suurten erikoiskuljetusten tavoitetieverkko - Täsmennetyt tavoitearvot ja mitoitusperusteet, Tiehallinto 2002



## Erikoisajoneuvoperäjuoksijayhdistelmä T8

T8+M6=KA+PPV (6-akselinen hydraulilavetti)+M6 (kuorma toimii runkona + peräjuoksija (5 akselinen hydraulilavetti))



Lähde: Suurten erikoiskuljetusten  
tavoitetieverkko –  
Täsmennetyt tavoitearvot ja  
mitoitusterusteet,  
Tiehallinto 2002





